

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-195830
(P2001-195830A)

(43)公開日 平成13年7月19日(2001.7.19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコード* (参考)

G 1 1 B 20/10

3 2 1

G 1 1 B 20/10

3 2 1 A 5 D 0 4 4

審査請求 有 請求項の数32 O.L (全 46 頁)

(21)出願番号 特願2000-8021(P2000-8021)

(22)出願日 平成12年1月17日(2000.1.17)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 小倉 洋一

香川県高松市古新町 8 番地の 1 松下寿電
子工業株式会社内

(72) 発明者 瓜田 耕一

香川県高松市古新町 8 番地の 1 松下寿電
子工業株式会社内

(74) 代理人 100081813

弁理士 早瀬 兼一

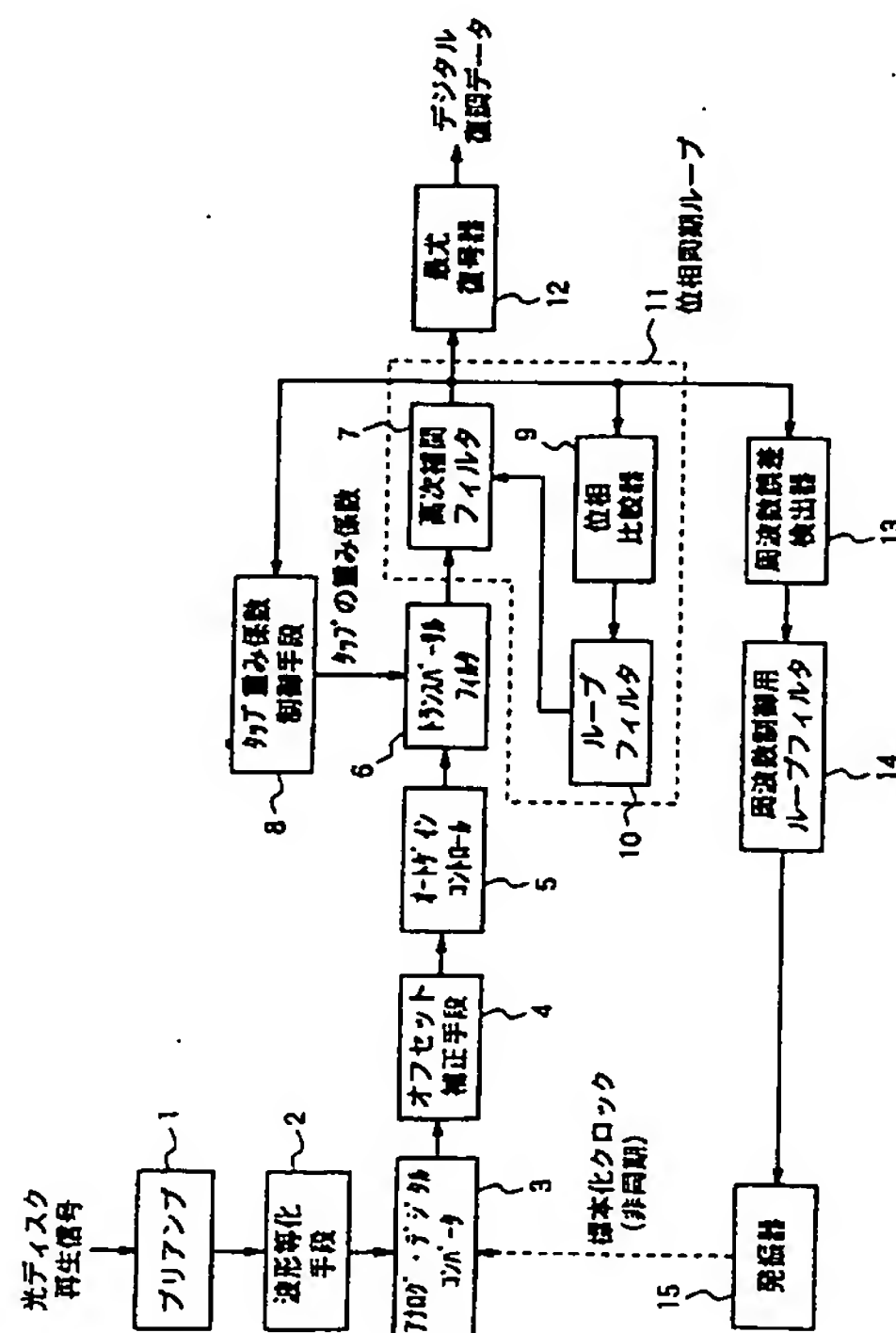
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタル記録データ再生装置

(57) 【要約】

【課題】PRML信号処理を適用したデジタル記録データ再生において、オフセット補正と、位相補間型デジタル位相同期ループにより、再生信号品質の向上、及び異常信号に対してのプレイアビリティを向上させることを目的とする。

【解決手段】波形等化手段 2 により再生信号の所定の周波数帯域を強調し、その出力信号を非同期クロックによりアナログ・デジタルコンバータ 3 で標本化する。標本化信号にオフセット補正を施した後、トランスバーサルフィルタ 6 及び LMS アルゴリズムを適用したタップ重み係数制御手段 8 により P R 等化し、その出力信号を高次補間フィルタ 7 により、デジタル位相同期ループ 1 1 を用いて、正規標本化位相の信号を再現する。再現された正規位相における信号を最尤復号器 1 2 により復調することにより、媒体に記録されたデジタルデータを再生する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、
該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、
該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、

該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を補間により再生する補間フィルタと、

該補間フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するフィルタ係数制御手段と、

前記補間フィルタの出力信号に基づき位相誤差を検出し前記補間フィルタのフィルタ係数を更新する位相同期ループと、

前記補間フィルタの出力信号を前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えたことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 2】 記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、

該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、

該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、

前記等化フィルタの出力信号に基づき位相誤差を検出する位相同期ループと、

該等化フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するとともに前記位相同期ループの出力に基づき位相誤差をなくするようにフィルタ係数を制御するフィルタ係数制御手段と、

前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えたことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記記録媒体の再生信号に含まれるクロック信号とは位相が非同期のクロックを発生するクロック発生手段と、
前記位相同期ループの出力に基づいて前記クロック発生手段が発生するクロックの周波数を制御する周波数制御手段と、

前記位相同期ループの出力に基づいて前記クロック発生手段が発生するクロックの位相が同期状態を維持するように制御を行う位相同期維持手段とを備えたことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記周波数制御手段および前記位相同期維持手段からの制御信号に対しデルタ・シグマ変調を行うデルタ・シグマ変調手段と、

該デルタ・シグマ変調手段の出力信号の高域成分を除去する低域通過型フィルタとを備えたことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記低域通過型フィルタの時定数を変化させる時定数可変手段を備えたことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 6】 請求項 1 または 2 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形のセンターラインがゼロレベルとクロスするポイントに関してはそのポイントの振幅成分を加算し、それ以外の符号が確定しているポイントに関しては、再生符号に従ってその極性に応じた所定値を加算するものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 7】 請求項 1 または 2 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形のセンターラインがゼロレベルとクロスするポイントに関してはそのポイントの振幅成分を加算し、それ以外の符号が確定しているポイントに関しては、再生符号に従ってその極性に応じた値を加算するものであり、かつその加算値をシーク動作時とそれ以外とで異ならせることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記デジタルデータ補正手段は、シーク動作時には前記加算値の値を大きくし、位相同期状態には前記加算値の値を小さくすることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 9】 請求項 1 または 2 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形の各ポイントでの所定時間分の累積加算値をモニタし、その直流分の誤差量を離散的に直流分にフィードバックするものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 10】 請求項 2 記載のデジタル記録データ再生装置において、

前記フィルタ係数制御手段は、位相同期引き込みを行った後、パーシャルレスポンス等化を連続的にを行い、かつそのループゲインを位相同期ループに比し十分低く設定

し、その後等化誤差が小さくなると間欠的な制御動作に切り替えることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 1 1】 記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、
該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、
発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、
該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、
該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、
該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、
該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、
該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、
前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、
該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、
前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、
非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 1 2】 記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、
該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、
発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、
該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、
該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、
トランスバーサルフィルタと高次補間フィルタとの機能を併せ持ち、前記振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行ない、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補

間により再生する位相補間型トランスバーサルフィルタと、
該出力信号から位相誤差を検出する位相比較器と、
該位相誤差信号を平滑化して位相情報を得るためのループフィルタと、
該位相情報及び前記位相補間型トランスバーサルフィルタの出力信号から、等化誤差が最小であり、かつ正規の標本化信号を再現するための、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのタップの重み係数設定を設定するタップ重み係数設定手段と前記補間出力信号を前記位相補間型トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、
パーシャルレスポンス等化とデジタルフェーズロックドループを同一のフィルタで実現したことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記タップ重み係数設定手段は、
20 位相方向に分割化された各位相毎のフィルタ係数を有し、
前記ループフィルタより出力される位相情報にしたがって該位相制御用のフィルタ係数を更新し、
前記位相補間型トランスバーサルフィルタの出力信号を基に、等化誤差を最小にするようにパーシャルレスポンス等化用のフィルタ係数を更新し、
該位相制御用フィルタ係数と、該パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数を重畳することにより、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を設定することを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 2 記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記タップ重み係数設定手段は、
前記トランスバーサルフィルタの出力信号に基づきパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、
該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、
前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、
該相関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、
該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタップ係数を更新するタップ係数更新部と、
ナイキスト特性のチャネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を各タップに対応させて格納する第 1 のレジスタと、
前記第 1 のレジスタに格納された各タップおよび各位相でのナイキスト補間係数と前記タップ係数更新部から出

力されるパーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数を重畳するタップ係数量み込み手段と、
初段の遅延素子に前記パーシャルレスポンス等化がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、
該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、
該乗算器の出力の総和をとり本タップ重み係数設定手段の出力を生成する加算器と、
前記乗算器に対応して設けられた第2のレジスタと、
前記タップ係数量み込み手段の出力に基づき前記第2のレジスタの値を更新するレジスタ値更新手段と、
前記第2のレジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記第2のレジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセレクタとを備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項15】 請求項12記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記トランスバーサルフィルタの出力から周波数誤差を検出する周波数誤差検出器と、
該検出された周波数誤差を平滑し前記発振器に制御信号として与える周波数制御用ループフィルタとをさらに備え、
前記周波数誤差が所定値以下となった状態で前記周波数制御用ループフィルタを含む周波数制御用ループのゲインを低下せしめて、周波数引き込み制御から位相同期引き込み制御に移行し、
同期パターンが所定数検出された場合に前記位相比較器を含む位相制御用ループのループゲインを低下せしめて、前記位相補間型タップ重み係数制御手段によるパーシャルレスポンス適応自動等化制御に移行し、
該パーシャルレスポンス適応自動等化制御による等化誤差が所定値以下となった状態で、等化誤差量の累積加算値を離散的にタップの重み係数に反映させるインターバル制御型パーシャルレスポンス適応自動等化制御に移行することを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項16】 請求項12に記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記タップ重み係数設定手段は、
前記位相制御用フィルタ係数の更新時のフィードバックゲインを、前記パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数の更新時のフィードバックゲインよりも充分に大きく設定し、前記パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数を離散的に更新するものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項17】 記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、
該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等

化手段と、
発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、
該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、
該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、
10 該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、
該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、
該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、
前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、

20 該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、
前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、
前記発振器の出力クロックの周波数を制御する手段として、

記録データに含まれる同期パターンの周期と該同期パターンの検出される時間幅を基に制御を行なう周波数制御手段と、
30 周波数と再生信号に含まれるクロック成分の周波数が近傍まで引き込まれた後に、前記ループフィルタの制御範囲をモニタし、該位相制御信号が位相同期制御不能領域に達する前に、正常動作範囲に戻るようクロック周波数のアップ・ダウン制御を行なう位相同期維持手段と、
前記周波数制御手段の出力信号及び前記位相同期維持手段の出力信号を基に、前記発振器を制御するための発振器制御手段とを備えたことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項18】 請求項17記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記発振器制御手段は、
前記位相同期維持手段によるアップ・ダウン制御時に、
該制御信号を変調するデルタ・シグマ変調器と、
該出力信号を平滑化する低域通過型フィルタとを備え、
該出力信号により前記発振器を制御するものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項19】 請求項18記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記低域通過型フィルタのカットオフ周波数を、デジタル記録データの再生速度に応じて切替えるカットオフ周

波数可変手段をさらに備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 20】 請求項 11, 12 または 17 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記標本化された信号が有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段と、該検出されたオフセット成分を平滑化する平滑化手段と、該平滑化された信号を前記標本化された信号より減算する減算手段とを備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 21】 記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうとともに、前記オフセット補正手段は前記高次補間フィルタの出力を参照してオフセット補正を行うことを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 22】 請求項 21 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記高次補間フィルタの出力信号がゼロクロスする位置の標本化信号については、その振幅方向の成分を出力す

るゼロクロス振幅出力手段と、ゼロクロス位置でない標本化信号に関しては、該信号の符号の極性に応じて一定量の極性が異なる値を出力する極性値出力手段と、前記ゼロクロス振幅出力手段の出力信号及び前記極性値出力手段の出力信号を平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタと、該出力信号を前記アナログ・デジタルコンバータの出力信号から直接減算することにより、オフセット除去を施すオフセット除去手段とを備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 23】 請求項 22 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記極性値出力手段の出力値を可変し、前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値との比率を調整する極性値出力可変手段を備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 24】 請求項 22 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、シーク時には、前記極性値出力手段の出力値を前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値に比べて大きくし、連続データ再生時には、前記極性値出力手段の出力値を前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値に比べて小さくすることにより、デジタル記録データ再生装置の動作状況に応じて出力値を切り替える出力値切替手段を備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 25】 請求項 22 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、一定の時間をカウントするカウンタと、前記カウンタから出力されるフラグ間の前記極性値出力手段の出力値と前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値を累積加算する累積加算手段と、該出力信号を前記カウンタから出力されるフラグのタイミングで、累積加算手段の出力をモニタし、疑似位相同期状態であると判断された場合は、前記極性値出力手段の比率を高くした制御に切替え、正常位相同期状態に復帰させる累積加算結果モニタ手段とを備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 26】 請求項 11, 12, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記トランスバーサルフィルタは、前記初段の遅延素子に前記振幅調整がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、

該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、
前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現することを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 27】 請求項 11, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記高次補間フィルタは、
初段の遅延素子に前記パシカルレスポンス等化がなされた信号が入力され、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、
該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、
該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、
前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現することを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 28】 請求項 27 記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記高次補間フィルタは、
ナイキスト特性に基づき補間を行うものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 29】 請求項 27 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、
前記乗算器に対応して設けられ、ナイキスト特性のチャネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を格納するレジスタと、
前記レジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記レジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセレクタとを備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 30】 請求項 11, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記タップ重み係数制御手段は、
最小二乗平均アルゴリズムにより前記トランスバーサルフィルタの重み係数を決定するものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 31】 請求項 30 記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記タップ重み係数制御手段は、
前記高次補間フィルタの出力信号に基づきパシカルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、
該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、
前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、

該相関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、
該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタップ係数を更新するタップ係数更新部とを備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【請求項 32】 請求項 15 記載のデジタル記録データ再生装置において、
前記周波数誤差検出器は、
前記高次補間フィルタの出力信号がゼロレベルとクロスする間隔を検出するゼロクロス長検出器と、
隣接するゼロクロス長の比率に基づきこれが所定の同期パターン長と一致しているか否かを検出し、前記記録媒体の再生速度を反映した第 1 の周期情報を得る同期パターン長検出器と、
前記同期パターンが検出されるまでの間隔を検出し、これと所定の期間とに基づく第 2 の同期情報を検出する同期パターン間隔検出器とを備えたものであることを特徴とするデジタル記録データ再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録媒体に記録されたデジタルデータを再生するデジタル記録データ再生装置に関するものであり、特に、そのフェーズロックループ及びオフセット補正の改良を図ったものに関し、
チルトによる再生波形の品質劣化、信号雑音比が悪い条件での再生、及びディフェクト等が頻繁に発生する等の悪条件下において、再生デジタルデータ品質が改善されるだけでなく、プレイアビリティが向上する等の特徴を有するものに関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスク媒体にデジタルデータを記録する方式として、コンパクトディスク (Compact Disk) や DVD に見られるように線速度を一定にして記録媒体上の記録密度を一様にする方式が多く用いられている。

線記録密度が一定となるようにマーク幅変調してデジタル変調記録された光ディスクの再生信号に基づいて、これよりデジタルデータを再生する場合、従来、再生信号が有するクロック成分の位相を検出し、位相同期ループを構成することにより、位相同期引き込みを行っていた。

【0003】その際、再生信号が有するクロック成分の周波数と、位相同期ループにより生成されるクロックの周波数が大きく異なっている場合は、位相同期引き込みが完了しなくなる可能性や、異なった周波数に疑似引き込みする可能性が大きい。そこで、このような不具合を回避する手段として、従来より、再生線速度周期を再生信号に含まれる特定のパルス長やパルス間隔により検出し、ディスクの回転速度の制御や位相同期ループの自走

周波数の制御を行うことにより、正常な位相同期引き込みを可能とすることが行われている。

【0004】例えば、図23に示すような、ディスク再生系がある。光ディスク55には、図24(a)に示すようなデジタル記録符号が、線記録密度一定となるように記録されている。記録されたデータは、例えば、8-16変調方式のように、連続する“0”あるいは“1”が3個以上かつ14個以下となるように規制されたデータであるとする。光ピックアップ等の再生手段56で再生して得られた信号は、図24(a)に示すように、記録データの線方向の記録密度が高密度化するにしたがって、高域の周波数成分になるほど振幅が減衰する。これは記録密度が高密度化するに従って、干渉の影響が顕著に現われるためであり、再生して得られた信号を図示しないプリアンプにより増幅した後、波形等化手段2により、高域の周波数成分を強調するような補正を施す。

【0005】図24(b)に示すように高域強調がなされた再生信号は、アナログ信号をデジタル信号に変換する手段としてのアナログ・デジタルコンバータ3により多ビットのデジタル信号に標本化される。この時、VCO(電圧制御型オシレータ)40により生成される再生クロックを標本化クロックとして用いるが、VCO40による再生クロックの位相と再生手段56による再生信号が有するクロック成分の位相とが同期していれば、図24(c)に示すような標本化データが得られる。

【0006】図24(c)は、特に、パーシャルレスポンス・マキシмумライクリフッド(Partial Response Maximum Likelihood; 以下、PRMLと略する)信号処理方式に適した標本化データである。PRML信号処理方式とは、線記録方向の記録密度の増大に伴い、信号の高域成分の振幅が劣化し、信号雑音比が増大する再生系において、意図的に波形干渉を付加することにより、再生信号に高域成分を必要とせず、かつ前記波形干渉を考慮した確率計算により尤も確からしい系列を復調する最尤復号法を併用することにより、再生データのエラーレートを向上させる方式である。

【0007】この標本化された多ビットのデジタル信号をオフセット補正手段4に入力することにより、再生デジタル信号に含まれるオフセット成分を補正する。そしてこのオフセット補正を施された再生デジタル信号をトランスバーサルフィルタ6に入力し、パーシャルレスポンス等化を行う。

【0008】この時、パーシャルレスポンス等化を適用したことにより、図24(d)に示すように、等化出力信号が多値化するという特徴を有する。そのトランスバーサルフィルタ6のタップの重み係数は、等化誤差の二乗平均値を最小にする最小二乗平均(Least Mean Square; 以下、LMSと称す)アルゴリズムを用いて、これらを設定するタップ重み係数設定手段57により供給される。この多値化したトランスバーサルフィルタ6の出力

信号を、最尤復号器の一種であるビタビ復号器58により復調し、2値化デジタルデータを得る。

【0009】また、アナログ・デジタルコンバータ3により標本化を行なう際に使用する、位相同期再生クロックは、以下のようにして制御される。即ち、オフセット補正手段4の出力信号から、この出力信号がゼロレベルをクロスする位置を連続して検出し、隣接するゼロクロス間の標本数をカウントするゼロクロス長検出器59の出力を用いて、1フレーム以上の特定の期間における同期パターン長を検出し、さらに、周波数誤差検出器13により同期パターンの検出周期を検出することにより、再生クロックの周波数制御を行うための周波数誤差量が決定される。また、再生デジタルデータの位相情報は、オフセット補正手段4の出力信号を用いて位相比較器9により検出され、再生クロックと再生デジタルデータの位相同期制御を行うための位相誤差量が決定される。

【0010】そして、前記周波数誤差検出器13から出力された周波数誤差量を用いて、再生クロックが再生デジタル信号と同期可能となる領域まで周波数の制御を行うように、周波数制御用ループフィルタ14とデジタル・アナログコンバータ42bによりVCO40を制御する。一方、位相比較器9から出力された位相誤差量を用いて、再生クロックが再生デジタル信号に同期するように、位相制御用ループフィルタ60とデジタル・アナログコンバータ42aによりVCO40を制御する。即ち、VCO40はこれらデジタル・アナログコンバータ42aとデジタル・アナログコンバータ42bの出力を加算器61で加算したものがその制御入力として入力される。

【0011】このような一連の動作により、再生クロックの位相と再生デジタルデータの有するクロック成分の位相を同期させることが可能となり、光ディスク媒体に記録されたデジタルデータを安定かつ精度良く再生することが可能となる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したように、位相同期ループの一端である位相誤差検出をパーシャルレスポンス等化処理前の信号に基づいて行なう場合、チルトによる再生信号の劣化や、前記波形等化手段の等化特性が不十分である等の条件下では、位相誤差情報が不正確となるため、位相同期ループのジッタが増大する。それにより、前記アナログ・デジタルコンバータにより標本化される信号が正規の位相状態ではなくなるため、前記トランスバーサルフィルタによるパーシャルレスポンス等化において、その性能を十分に発揮できないことになる。そのため、再生信号の信号品質が劣化し、エラーレートの悪化を引き起こす可能性がある。

【0013】また、こうした状態を回避する手段として、前記トランスバーサルフィルタの出力信号に基づいて位相誤差検出を行なうことが既に提案されているが、

この方法によれば、位相同期ループにおけるループ遅延が大きくなり、位相同期引き込み範囲が低減したり、位相同期の安定性が損なわれたりするため、有効な回避手段にはなり得ない。

【0014】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、チルトによる特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化に最適で、かつ位相同期引き込み能力も高く、エラーレートの向上が可能な、デジタル記録データ再生装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本願の請求項1に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を補間により再生する補間フィルタと、該補間フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するフィルタ係数制御手段と、前記補間フィルタの出力信号に基づき位相誤差を検出し前記補間フィルタのフィルタ係数を更新する位相同期ループと、前記補間フィルタの出力信号を前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるようにしたものである。これにより、正規のサンプリング位相での補間データに基づいて最尤復号を行うことが可能となり、再生信号のチルトによる波形劣化等に影響されない、パーシャルレスポンス最尤復号に適したデジタルデータ復調が可能となる、という作用を有する。

【0016】また、本願の請求項2に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、前記等化フィルタの出力信号に基づき位相誤差を検出する位相同期ループと、該等化フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するとともに前記位相同期ループの出力に基づき位相誤差をなくするようにフィルタ係数を制御するフィルタ係数制御手段と、前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるようにしたものである。これにより、

正規のサンプリング位相での補間データに基づいて最尤復号を行うことが可能となり、再生信号のチルトによる波形劣化等に影響されない、パーシャルレスポンス最尤復号に適したデジタルデータ復調が可能になる。また、回路規模やコストの削減、低消費電力化や再生データのエラーレートの向上にも有効である、という作用を有する。

【0017】また、本願の請求項3に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記記録媒体の再生信号に含まれるクロック信号とは位相が非同期のクロックを発生するクロック発生手段と、前記位相同期ループの出力に基づいて前記クロック発生手段が発生するクロックの周波数を制御する周波数制御手段と、前記位相同期ループの出力に基づいて前記クロック発生手段が発生するクロックの位相が同期状態を維持するように制御を行う位相同期維持手段とを備えるようにしたものである。これにより、クロック発生手段の発振制御が、ラフな周波数制御と同期周波数近傍のアップダウン制御のみで済ませることができ、精度のよい位相同期ループを実現できるとともに、アナログ素子の大幅な削減が可能となる。また、高周波動作もしなくてよいため、ノイズの発生対策が不要となる、作用を有する。

【0018】また、本願の請求項4に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項3記載のデジタル記録データ再生装置において、前記周波数制御手段および前記位相同期維持手段からの制御信号に対しデルタ・シグマ変調を行うデルタ・シグマ変調手段と、該デルタ・シグマ変調手段の出力信号の高域成分を除去する低域通過型フィルタとを備えるようにしたものである。これにより、ラフ制御からアップダウン制御に切り替わる際の位相同期ループの乱れを抑制でき、滑らかな周波数追従を行うことが可能となり、より安定した位相同期引き込みを実現でき、再生データのエラーレートを向上できる。また、クロック発生手段の制御も主にラフ制御の制御性能の向上を考えて設計すればよいため、アナログ回路の簡略化が可能となる、作用を有する。

【0019】また、本願の請求項5に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項4記載のデジタル記録データ再生装置において、前記低域通過型フィルタの時定数を変化させる時定数可変手段を備えるようにしたものである。これにより、記録媒体の再生速度が変化した場合にその速度に応じて時定数を可変させることができ、記録媒体の倍速での再生モードを有するデータ再生系において、再生速度に依存せずに滑らかな周波数追従を行うことが可能となる、作用を有する。

【0020】また、本願の請求項6に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化

された波形のセンターラインがゼロレベルとクロスするポイントに関してはそのポイントの振幅成分を加算し、それ以外の符号が確定しているポイントに関しては、再生符号に従ってその極性に応じた所定値を加算するようにしたものである。これにより、オフセット誤差情報の確度が高まり、高周波成分を含んだ直流変動に対してオフセット調整を応答させる場合にも、動作の安定化と調整後のノイズの低減が可能となり、直流変動に対して有効なデータ再生手段を実現できる、作用を有する。

【0021】また、本願の請求項7に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形のセンターラインがゼロレベルとクロスするポイントに関してはそのポイントの振幅成分を加算し、それ以外の符号が確定しているポイントに関しては、再生符号に従ってその極性に応じた値を加算するものであり、かつその加算値をシーク動作時とそれ以外とで異なるようにしたものである。これにより、オフセット誤差情報の確度が高まり、高周波成分を含んだ直流変動に対してオフセット調整を応答させる場合にも、動作の安定化と調整後のノイズの低減が可能となり、直流変動に対して有効なデータ再生手段を実現できるとともに、動作状況に応じた制御を行うことが可能となり、プレイアビリティの向上が可能となる、作用を有する。

【0022】また、本願の請求項8に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項7記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、シーク動作時には前記加算値の値を大きくし、位相同期状態には前記加算値の値を小さくするようにしたものである。これにより、シーク動作中は追従性を高め、位相同期状態になると制御雑音を抑えることができ、最適なオフセット制御が可能となる、作用を有する。

【0023】また、本願の請求項9に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形の各ポイントでの所定時間分の累積加算値をモニタし、その直流分の誤差量を離散的に直流分にフィードバックするようにしたものである。これにより、異常状態である疑似ロック状態からの復旧を高速に行うことが可能となり、プレイアビリティの向上が可能となる、作用を有する。

【0024】また、本願の請求項10に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記フィルタ係数制御手段は、位相同期引き込みを行った後、パーシャルレスポンス等化を連続的に行い、かつそのループゲインを位相同期ループに比し十分低く設定し、その後等化誤差

が小さくなると間欠的な制御動作に切り替えるようにしたものである。これにより、姿勢データの品質が向上し、同期引き込み速度の向上が可能となる、作用を有する。

【0025】また、本願の請求項11に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することにより、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえる、という作用を有する。

【0026】また、本願の請求項12に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、トランスバーサルフィルタと高次補間フィルタとの機能を併せ持ち、前記振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行ない、該パーシャルレスポンス

等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する位相補間型トランスバーサルフィルタと、該出力信号から位相誤差を検出する位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化して位相情報を得るためのループフィルタと、該位相情報及び前記位相補間型トランスバーサルフィルタの出力信号から、等化誤差が最小であり、かつ正規の標本化信号を再現するための、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのタップの重み係数設定を設定するタップ重み係数設定手段と、前記補間出力信号を前記位相補間型トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、パーシャルレスポンス等化とデジタルフェーズロックドループを同一のフィルタで実現するようにしたものである。これにより、回路規模が大きいとされるトランスバーサルフィルタと高次補間フィルタをトランスバーサルフィルタのみで共用化できるため、回路規模の削減、及び特に、高速再生時における低消費電力化を図れる、という作用を有する。

【0027】また、本願の請求項13に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項12記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数設定手段が、位相方向に分割化された各位相毎のフィルタ係数を有し、前記ループフィルタより出力される位相情報にしたがって該位相制御用のフィルタ係数を更新し、前記位相補間型トランスバーサルフィルタの出力信号を基に、等化誤差を最小にするようにパーシャルレスポンス等化用のフィルタ係数を更新し該位相制御用フィルタ係数と、該パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数を重畳することにより、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を設定するようにしたものである。これにより、位相制御用のフィルタ係数の設定手段と、パーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数設定手段を独立に操作することができるため、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのみで、パーシャルレスポンス等化と正規位相でのデータ補間を共用化した場合でも、双方の特性を損なうことなく精度が良く効率的な制御が可能である、という作用を有する。

【0028】また、本願の請求項14に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項12記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数設定手段は、前記トランスバーサルフィルタの出力信号に基づきパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、該相関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタッ

プ係数を更新するタップ係数更新部と、ナイキスト特性のチャンネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を各タップに対応させて格納する第1のレジスタと、前記第1のレジスタに格納された各タップおよび各位相でのナイキスト補間係数と前記タップ係数更新部から出力されるパーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数を重畳するタップ係数畳み込み手段と、初段の遅延素子に前記パーシャルレスポンス等化がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本タップ重み係数設定手段の出力を生成する加算器と、前記乗算器に対応して設けられた第2のレジスタと、前記タップ係数畳み込み手段の出力に基づき前記第2のレジスタの値を更新するレジスタ値更新手段と、前記第2のレジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記第2のレジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセクタとを備えるようにしたものである。これにより、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのみで、パーシャルレスポンス等化と正規位相でのデータ補間を共用化した場合でも、双方の特性を損なうことなく精度が良く効率的な制御を可能にするためのタップ係数の畳み込みを実現する具体的な構成が得られる、という作用を有する。

【0029】また、本願の請求項15に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項12記載のデジタル記録データ再生装置において、前記トランスバーサルフィルタの出力から周波数誤差を検出する周波数誤差検出器と、該検出された周波数誤差を平滑し前記発振器に制御信号として与える周波数制御用ループフィルタとをさらに備え、前記周波数誤差が所定値以下となった状態で前記周波数制御用ループフィルタを含む周波数制御用ループのゲインを低下せしめて、周波数引き込み制御から位相同期引き込み制御に移行し、同期パターンが所定数検出された場合に前記位相比較器を含む位相制御用ループのループゲインを低下せしめて、前記位相補間型タップ重み係数制御手段によるパーシャルレスポンス適応自動等化制御に移行し、該パーシャルレスポンス適応自動等化制御による等化誤差が所定値以下となった状態で、等化誤差量の累積加算値を離散的にタップの重み係数に反映させるインターバル制御型パーシャルレスポンス適応自動等化制御に移行するようにしたものである。これにより、ラフ制御から位相同期状態に移行した後に、安定した位相同期ループを実現でき、かつ制御不可能な状態に陥るのを防止できる、という作用を有する。

【0030】また、本願の請求項16に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項12に記載の

デジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数設定手段は、前記位相制御用フィルタ係数の更新時のフィードバックゲインを、前記パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数の更新時のフィードバックゲインよりも十分に大きく設定し、前記パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数を離散的に更新するものとしたものである。これにより、位相制御用のフィルタ係数制御と、パーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数制御との競合化を防ぎ、位相制御を優先させることにより、安定した位相同期ループを実現し、かつパーシャルレスポンス等化の精度を損なわないとともに、異常信号に対して制御不能状態に陥らないため、プレイアビリティが向上する、という作用を有する。

【0031】また、本願の請求項17に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるとともに、前記発振器の出力クロックの周波数を制御する手段として、記録データに含まれる同期パターンの周期と該同期パターンの検出される時間幅を基に制御を行なう周波数制御手段と、周波数と再生信号に含まれるクロック成分の周波数が近傍まで引き込まれた後に、前記ループフィルタの制御範囲をモニタし、該位相制御信号が位相同期制御不能領域に達する前に、正常動作範囲に戻るようクロック周波数のアップ・ダウン制御を行なう位相同期維持手段と、前記周波数制御手段の出力信号及び前記位相同期維持手段の出力信号を基に、前記発振器を制御するための発振器制御手段とを備えるようにしたものである。これにより、再生信号を標本化の際の非同期的なクロックの周波数を、常に、デジタル位相同期ループの制御可能範囲内に維持できることになる。したがって、位相同期制御時に不連続点が生じることなく、安

定したデジタル記録データ再生が可能となるだけでなく、周波数制御と位相制御を分離して考えることが可能となるため、発振器の制御手段も単純な構成で実現できる、という作用を有する。

【0032】また、本願の請求項18に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項17記載のデジタル記録データ再生装置において、前記発振器制御手段は、前記位相同期維持手段によるアップ・ダウン制御時に、該制御信号を変調するデルタ・シグマ変調器と、該出力信号を平滑化する低域通過型フィルタとを備え、該出力信号により前記発振器を制御するようにしたものである。これにより、再生信号の標本化に用いる非同期的なクロックの周波数を、デジタル位相同期ループの制御可能範囲内に維持する際に、発振器の最小周波数制御分解能が荒く、アップ・ダウン制御時に発振周波数が大きく変動する場合においては、位相同期ループに乱れが生ずる危険性があったが、このように時間方向に変調をかけて発振器の発振周波数を本来の分解能よりも細かく制御することにより、アップ・ダウン時に乱れることなく連続再生が可能となるため、再生品質が向上する、という作用を有する。

【0033】また、本願の請求項19に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項18記載のデジタル記録データ再生装置において、前記低域通過型フィルタのカットオフ周波数を、デジタル記録データの再生速度に応じて切替えるカットオフ周波数可変手段をさらに備えるようにしたものである。これにより、デジタル記録データを再生する際に、複数の再生速度を補償しなければならない場合や、ディスク媒体における内外周差、及び記録媒体の種類が異なるため広範囲の周波数制御帯域を有する場合において、それぞれの再生速度に適した応答特性を実現できるため、再生速度が大きく変化する条件下においても再生特性を維持できる、という作用を有する。

【0034】また、本願の請求項20に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項11、12または17のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記標本化された信号が有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段と、該検出されたオフセット成分を平滑化する平滑化手段と、該平滑化された信号を前記標本化された信号より減算する減算手段とを備えるようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる、という作用を有する。

【0035】また、本願の請求項21に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体からの再生

信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうとともに、前記オフセット補正手段は前記高次補間フィルタの出力を参照してオフセット補正を行うようにしたものである。これにより、再生信号の符号の極性のみでオフセット補正を施すよりも、精度の良いオフセット検出できるため、オフセット補正後の制御雑音の低減がなされるとともに、フィードバックゲインをより大きく設定することが可能となる。それにより高い周波数成分を有するレベル変動にも追従できるため、ディフェクト等の異常条件下での再生時にもプレイアビリティの向上が図れる、という作用を有する。

【0036】また、本願の請求項 22 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 21 に記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記高次補間フィルタの出力信号がゼロクロスする位置の標本化信号については、その振幅方向の成分を出力するゼロクロス振幅出力手段と、ゼロクロス位置でない標本化信号に関しては、該信号の符号の極性に応じて一定量の極性が異なる値を出力する極性値出力手段と、前記ゼロクロス振幅出力手段の出力信号及び前記極性値出力手段の出力信号を平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタと、該出力信号を前記アナログ・デジタルコンバータの出力信号から直接減算することにより、オフセット除去を施すオフセット除去手段とを備えるようにしたものである。これにより、異なる記録媒体を再生する場合においても、それら記録媒体に応じたオフセット補正が可能となる、という作用を有する。

【0037】また、本願の請求項 23 に記載の発明に係

るデジタル記録データ再生装置は、請求項 22 に記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記極性値出力手段の出力値を可変し、前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値との比率を調整する極性値出力可変手段を備えるようにしたものである。これにより、再生信号の精度よりもレベル変動への追従性が必要となるシーク時には、符号の極性を主として制御を行ない、再生信号の精度が必要である連続データの再生時には、ゼロクロス振幅を主として制御を行なうという、状況に応じて最適なオフセット補正が可能となり、また、制御の収束性にも関わってくるため、シーク後の高速な位相同期引き込みが可能となる、という作用を有する。

【0038】また、本願の請求項 24 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 22 に記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、シーク時には、前記極性値出力手段の出力値を前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値に比べて大きくし、連続データ再生時には、前記極性値出力手段の出力値を前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値に比べて小さくすることにより、デジタル記録データ再生装置の動作状況に応じて出力値を切り替える出力値切替手段を備えるようにしたものである。これにより、疑似位相同期の発生を回避するとともに、特定条件下において疑似位相同期が発生した場合にも、早期に自己修復することが可能となり、プレイアビリティの向上が図れる、という作用を有する。

【0039】また、本願の請求項 25 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 22 に記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、一定の時間をカウントするカウンタと、前記カウンタから出力されるフラグ間の前記極性値出力手段の出力値と前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値を累積加算する累積加算手段と、該出力信号を前記カウンタから出力されるフラグのタイミングで、累積加算手段の出力をモニタし、疑似位相同期状態であると判断された場合は、前記極性値出力手段の比率を高くした制御に切替え、正常位相同期状態に復帰させる累積加算結果モニタ手段とを備えるようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの上昇につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる、という作用を有する。

【0040】また、本願の請求項 26 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 11, 12, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記トランスバーサルフィルタは、前記初段の遅延素子に前記振幅調整がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を

有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現するようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、パーシャルレスポンス等化を行う構成を実現できる、という作用を有する。

【0041】また、本願の請求項27に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項11、17、21のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、初段の遅延素子に前記パーシャルレスポンス等化がなされた信号が入力され、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現するようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる、という作用を有する。

【0042】また、本願の請求項28に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項27記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、ナイキスト特性に基づき補間を行うようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる、という作用を有する。

【0043】また、本願の請求項29に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項27記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、前記乗算器に対応して設けられ、ナイキスト特性のチャネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を格納するレジスタと、前記レジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記レジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセレクタとを備えるようにしたものであ

る。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる、という作用を有する。

【0044】また、本願の請求項30に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項11、17、21のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、最小二乗平均アルゴリズムにより前記トランスバーサルフィルタの重み係数を決定するようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる、という作用を有する。

【0045】また、本願の請求項31に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項30記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、前記高次補間フィルタの出力信号に基づきパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、該相関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタップ係数を更新するタップ係数更新部とを備えるようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる、という作用を有する。

【0046】また、本願の請求項32に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項15記載のデジタル記録データ再生装置において、前記周波数誤差検出器は、前記高次補間フィルタの出力信号がゼロレベルとクロスする間隔を検出するゼロクロス長検出器と、隣接するゼロクロス長の比率に基づきこれが所定の同期パターン長と一致しているか否かを検出し、前記記録媒体の再生速度を反映した第1の周期情報を得る同期パターン長検出器と、前記同期パターンが検出されるまでの間隔を検出し、これと所定の期間とに基づく第2の同期情報を検出する同期パターン間隔検出器とを備えるように

したものである。これにより、ラフ制御から位相同期状態に移行した後に、安定した位相同期ループを実現でき、かつ制御不可能な状態に陥るのを防止できるものにおいて、周波数誤差を検出する構成を実現できる、という作用を有する。

【0047】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）本実施の形態1は、アナログ・デジタルコンバータでの標本化に非同期クロックを用い、トランスバーサルフィルタによりパーシャルレスポンス等化を行った信号を、高次補間フィルタによって正規の標本化位相における信号を再現し、その出力信号に基づき位相誤差検出を行ない、位相誤差が小さくなるように前記高次補間フィルタのフィルタ係数を制御するデジタル位相同期ループを構成するようにしたものである。

【0048】以下、本発明の請求項1、請求項11、請求項20、請求項26ないし請求項32に記載されたデジタル記録データ再生装置に対応する実施の形態1について、図1ないし図9を用いて説明する。図1において、図示しない再生手段（光ピックアップ等）により得られた光ディスク再生信号をプリアンプ1で出力振幅を強調した後、波形等化手段2で高域を強調するような補正を施す。波形等化手段2は、例えば、高次等リップルフィルタ等の、ブースト量とカットオフ周波数を任意に設定できるフィルタで構成される。波形等化手段2の出力信号をアナログ信号をデジタル信号に変換する手段としてのアナログ・デジタルコンバータ3により、多ビットのデジタル信号に標本化する。その際、発振器15により生成されるクロックであって、再生信号が有するクロック成分とは非同期のクロックを用いる。このアナログ・デジタルコンバータ3により標本化された多ビットのデジタル信号をオフセット補正手段4に入力することにより、再生デジタル信号に含まれるオフセット成分を補正する。

【0049】このオフセット補正手段4は、例えば、図2に示すような構成のものでもよい。この図2のものは、再生デジタル信号の有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段16と、それにより検出されたオフセット信号を平滑化するための平滑化手段17と、平滑化手段17の出力信号を再生デジタル信号より減算する減算手段18により構成されるものである。

【0050】そして、オフセット補正手段4の出力信号は、オートゲインコントロール5に入力されることにより、再生デジタル信号の振幅が所要の値に一致するように調整される。オートゲインコントロール5は、例えば、信号波形のエンベロープを検出し、任意の設定値とエンベロープ信号の差が零となるように制御するものであっても良い。

【0051】次に、オートゲインコントロール5の出力信号をトランスバーサルフィルタ6に入力して、パーシ

ャルレスポンス等化を行なう。ここで、パーシャルレスポンス等化は、例えば、片面1層で4.7Gバイトのデジタル記録が可能なDVD-ROM (Read Only Memory) では、図3(c)に示すように、等化後の波形振幅が、5値(0, $4 \times A$, $7 \times A$, $-4 \times A$, $-7 \times A$)に分かれるようなPR(3, 4, 4, 3)方式を用いるものとする。

【0052】そして、従来、リードチャネルにおいては、図3(a)に示すような波形等化出力信号から、スライスレベルを用いた2値化判別により、デジタルデータ復調を行なっていた。また、標本化する場合も、図3(b)に示すように標本化し、その多ビットデジタル信号をスライスレベルを用いて2値化判別を行なっていた。

【0053】これに対して、PR(3, 4, 4, 3)方式とは、異なる4つの時間の標本化データを、3:4:4:3の比率で足し合わせた特徴($3 + 4 * D + 4 * D + 3 * D$)を有しており、再生信号に対して、図4に示すような、低域通過型フィルタの特性を付加するものである。

【0054】図4において、MTFとはDVD-ROMにおける光再生特性を示すものであり、この周波数特性に近いほど、有利なパーシャルレスポンス方式であるということが可能である。図4に示す方式だけでなく、PR(3, 4, 4, 3)方式以外にも、多種多様なパーシャルレスポンスの型が存在するが、これは特定の方式に限られるものではなく、要求される性能に見合ったものが実現可能であれば、他の方式を用いても問題はない。これら再生データの時間方向に相関性を付加するパーシャルレスポンス方式と、後述する最尤復号法（マキシマムライクリフッド）の一つであり、付加したデータの相関性を利用して尤も確からしい系列を復調するビタビ復号器とを組み合わせることにより、線記録方向の高記録密度再生に有利とされるPRML信号処理を実現している。

【0055】上述したように、PRML信号処理方式は、再生波形の特性や変調符号により、様々な組み合わせが存在するため、各種記録再生系に対して、適切な方式を選択することが必要である。トランスバーサルフィルタ6は、有限のタップで構成される、例えば、FIR (Finite Impulse response Filter) フィルタである。このFIRフィルタによる等化特性は、タップの重み係数を可変させることで実現されるものである。トランスバーサルフィルタ6によりパーシャルレスポンス等化された信号を高次補間フィルタ7により、正規の標本化位相における信号に変換する。高次補間フィルタ7は、例えば、図5に示すようなナイキスト補間特性に基づくものであっても良い。

【0056】図5に示すようなナイキスト特性において、チャンネルレート(1T)を時間方向にN分割した時

の、各々の振幅値をレジスタに格納しておき、位相制御情報に応じて、それが示す位相の係数を設定するように選択するレジスタを切替えながら位相補間を行なっていく。これにより、非同期に標本化した再生信号が、正規の標本化位相と同等の再生等化信号に変換されることになる。

【0057】高次補間フィルタ7は、図6に示すような、遅延素子19aないし19fをシリーズに接続し、これから取り出したタップ、即ち遅延素子19aないし19fの入力および遅延素子19fの出力にタップ係数S1ないしS6およびS7を乗算する乗算素子20aないし20fおよび20gと、これら乗算素子20aないし20fおよび20gの出力を加算する加算手段21により構成されるFIRフィルタであってもよい。

【0058】この時、位相補間を行なうに際して、ループフィルタ10の出力信号である位相制御情報を基に、図6に示すような、レジスタ22aから22gに保持されているフィルタ係数を、セクタ23aから23gにより切替えながら、S1からS7までのタップ係数を設定していく。ここで、レジスタ22aから22gの係数は、図5の各位相毎のナイキスト特性値をN分割、例えば図5に示すように、各チャネルレートTをaからhまで8分割し、さらに1から7のエリアを、図6に示すFIRフィルタの各タップに対応させて予め格納しておく。例えば、ループフィルタ10から得られる現時点での位相制御情報が、正規の位相と 180° 異なる標本化位相であった場合、図5に示すエリア1から7までの“●”、即ちeの位相でのフィルタ係数がS1からS7のタップ係数として設定されることになる。ここで、時間方向の分割数Nは大きいほど位相制御の精度は向上するが、分割数Nの増加は回路規模の増加に結びつくため、性能と回路規模が相容れる条件にて設定されるものである。高次補間フィルタ7の出力信号は、タップ重み係数制御手段8に入力され、等化誤差を最小にするようにトランスバースフィルタ6のタップの重み係数を適応的に制御する。

【0059】タップ重み係数制御手段8は、例えば、図7に示すような、最小二乗平均アルゴリズムを用いたものであってもよい。即ち、高次補間フィルタ7の出力信号から仮判定回路24によりパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出し、その等化目標値と高次補間フィルタ7の出力信号を減算して等化誤差を検出する等化誤差検出器25と、等化誤差検出器25の出力信号と高次補間フィルタ7の出力信号との相関を演算する相関器26と、相関器26の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器27と、その出力を各タップの重み係数に加算し、タップ係数を更新するタップ係数更新部28とから構成されるものである。

【0060】次に、高次補間フィルタ7の出力信号から

位相誤差を検出するための位相比較器9と、位相比較器9から出力される位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタ10と、その出力信号を位相制御情報として、前記高次補間フィルタ7のフィルタ係数を制御するフィードバックループにより、デジタル位相同期ループ11を構成する。

【0061】以上、一連の動作により出力された、正規の位相でのパーシャルレスポンス等化波形を用いて、パーシャルレスポンスの型に応じて復号を行なう最尤復号器12を通してデータ復調を行なう。ここで、最尤復号器12は、例えば、ビタビ復号器であってもよい。ビタビ復号器は、パーシャルレスポンスの型に基づいて、意図的に付加された符号の相関の法則にしたがって確率計算を行ない、尤も確からしい系列を再現するものである。例えば、適用したパーシャルレスポンスの型がPR(3, 4, 4, 3)方式の場合、図8(a)に示すような、状態遷移図に基づいて状態が変化する。これは、特に、DVDで用いられている8-16変調符号を考慮したものとなっており、ランレングス長を2に制限していることも関係しており、S0からS5までの6つの状態の状態遷移で表現可能となっている。

【0062】図8(a)において、X/Yは、Xが記録符号の遷移を、Yがその時の信号振幅を示している。また、或る1つの状態は、異なる3つの時間の符号で表わされ、例えば、S4「110」からS3「100」への状態遷移では、「110」に符号“0”が加わり左にシフトされることにより、左端の“1”が消え、状態S3「100」となることを意味している。

【0063】その時間的な変化は、図8(b)に示すように、トレリス線図で表わされる。そこで、この各パスの確率的な長さ l_{kab} (以下、ブランチメトリックと称す)を計算し、それぞれの状態に推移する場合に、ブランチメトリックを加算していく。ここで、kは時間的な推移を、abは、状態SaからSbへの遷移でのブランチメトリックを表わすこととする。そのブランチメトリックの各状態における加算値は、メトリックと呼ばれ、このメトリックが最小となるパスを生き残りパスとして、順次出力していくことにより、2値デジタルデータに復調していくものである。つまり、図8(b)の記録符号にしたがって復調されるとすれば、実線で示したパスが生き残りパスということになる。

【0064】また、アナログ・デジタルコンバータ3の標本化クロックを制御する手段は、高次補間フィルタ7の出力信号から、同期パターンのパターン長、あるいは、同期パターンが発生する間隔を検出し、周期情報に変換することにより周波数誤差信号を出力する手段としての周波数誤差検出器13と、周波数誤差検出器13から出力される周波数誤差信号を平滑化する手段としての周波数制御用ループフィルタ14と、アナログ・デジタルコンバータ3にクロックを供給する発振器15により

構成される周波数制御ループにより実現される。

【0065】ここで、周波数誤差検出器13は、例えば、図9に示すような構成のものであってもよい。即ち、高次補間フィルタ7の出力信号から信号がゼロレベルをクロスする位置を連続して検出し、隣接するゼロクロス間の標本数をカウントしてレジスタに保持する手段により構成されるゼロクロス長検出器29の出力を用いて、1フレーム以上の特定の期間をカウントする手段により構成されるフレームカウンタ30で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長の比率が、同期パターンの比率、例えば、DVD-ROMにおいては、14:4を満足している場合のみ、カウント値を加算した最大値を検出してレジスタに保持する手段により構成される同期パターン長検出器31により再生デジタルデータの線速度周期に反比例する周期情報1を得る。また、同期パターン長により、ある程度まで周波数を引き込んだ後、さらに再生クロックの有するクロック成分の周波数に近づけるために、同期パターン長検出器31で同期パターンであると判断された位置で同期パターンフラグを出力し、次に同期パターンフラグが検出されるまでの間隔をカウントする手段により構成される同期パターン間隔検出器32により、同期パターンが発生する周期を検出し、例えば、DVD-ROMでは、1488T（ここで、Tは1チャンネルビットを示す）との差を周期情報2として得る。これら周期情報1と周期情報2により、位相同期可能な周波数領域まで発振器15の発振クロックを制御する。

【0066】このような、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタル位相同期ループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうことを特徴とするデジタル記録データ再生装置を用いて、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することにより、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタル記録データ再生が可能となる。

【0067】即ち、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうことを特徴とするデジタル記録データ再生装置を用いることにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することから、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタル記録データ再生が可能となるデジタル記録データ再生装置を実現することができる。

【0068】（実施の形態2）以下、本発明の請求項2、請求項12ないし請求項16、請求項20、請求項26、請求項32に記載されたデジタル記録データ再生装置に対応する実施の形態2について、図10から図12を用いて説明する。図10において、図示しない再生手段（光ピックアップ等）により得られた光ディスク再生信号をプリアンプ1で出力振幅を強調した後、波形等化手段2で高域を強調するような補正を施す。波形等化手段2は、例えば、高次等リップルフィルタ等の、ブースト量とカットオフ周波数を任意に設定できるフィルタで構成される。波形等化手段2の出力信号をアナログ信号をデジタル信号に変換する手段としてのアナログ・デジタルコンバータ3により、多ビットのデジタル信号に標本化する。その際、発振器15により生成されるクロックであって、再生信号が有するクロック成分とは非同期のクロックを用いる。このアナログ・デジタルコンバータ3により標本化された多ビットのデジタル信号をオフセット補正手段4に入力することにより、再生デジタル信号に含まれるオフセット成分を補正する。

【0069】オフセット補正手段4は、例えば、図2に示すような構成のものでよい。即ち、再生デジタル信号の有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段16と、それにより検出されたオフセット信号を平滑化するための平滑化手段17と、平滑化手段17の出力信号を再生デジタル信号より減算する減算手段18により構成されるものである。

【0070】オフセット補正手段4の出力信号は、オートゲインコントロール5に入力されることにより、再生デジタル信号の振幅が任意の値に調整される。オートゲインコントロール5は、例えば、信号波形のエンベロープを検出し、任意の設定値とエンベロープ信号の差が零になるように制御するものであってもよい。

【0071】次に、オートゲインコントロール5の出力信号をトランスバーサルフィルタ6に入力して、位相同期を実現するための位相補間とパーシャルレスポンス等化を行なう。ここで、パーシャルレスポンス等化は、実施の形態1に記載した、PR(3, 4, 4, 3)方式を用いてもよい。

【0072】トランスバーサルフィルタ6は、有限タップで構成されるものであり、例えば、図6に示すような、FIR(Finite Impulse response Filter)フィルタであってもよい。このFIRフィルタによる等化特性及び位相補間特性は、タップの重み係数を可変させることで実現されるものである。そしてそのタップの重み係数を制御する手段として、位相補間型タップ重み係数制御手段33を有する構成となっている。即ち、トランスバーサルフィルタ6は、その等化出力信号に基づき、パーシャルレスポンス等化誤差が最小となるようにタップの重み係数を制御する手段としての位相補間型タップ重み係数制御手段33を有する適応制御ループと、トラン

スパーサルフィルタ 6 の出力の位相誤差を検出するための位相比較器 9 と、位相比較器 9 から出力される位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタ 10 と、位相補間型タップ重み係数制御手段 33 とを有し、ループフィルタ 10 の出力信号を位相制御情報として、位相補間型タップ重み係数制御手段 33 のフィルタ係数を制御する手段としてのデジタル位相同期ループ、の 2 種類の制御ループにより制御されるものである。

【0073】以上、一連の動作により出力された、正規の位相でのパーシャルレスポンス等化波形を用いて、パーシャルレスポンスの型に応じて復号を行なう最尤復号器 12 を通してデータ復調を行なう。ここで、最尤復号器 12 は、例えば、ビタビ復号器であってもよい。ビタビ復号器は、パーシャルレスポンスの型にしたがって、意図的に付加された符号の相関の法則にしたがって、確率計算を行ない、尤も確からしい系列を再現するものであり、例えば、PR (3, 4, 4, 3) ML 方式、即ち、適用したパーシャルレスポンスが PR (3, 4, 4, 3) である PRML 方式であってもよい。

【0074】なお、位相補間型タップ重み係数制御手段 33 は、例えば、図 11 に示すような構成を有するものであってもよい。即ち、位相補間制御を行なうに際して、ループフィルタ 10 の出力信号である位相制御情報を基に、図 11 に示すような、レジスタ 22a から 22g に保持されているフィルタ係数を、セクタ 23a から 23g により切替えながら、図 6 に示すような、S1 から S7 までの FIR フィルタの各タップ係数を設定していく。ここで、レジスタ 22a から 22g の係数は、パーシャルレスポンス適応自動等化による係数制御と、ナイキスト位相補間制御による係数制御の双方により決定されるものである。

【0075】このパーシャルレスポンス適応自動等化による係数制御は、例えば、図 11 に示すような、最小二乗平均アルゴリズムを用いたものであってもよい。即ち、トランスバーサルフィルタ 6 の出力信号から仮判定回路 24 によりパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出し、その等化目標値とトランスバーサルフィルタ 6 の出力信号を減算して等化誤差を検出する等化誤差検出器 25 と、等化誤差検出器 25 の出力信号と、トランスバーサルフィルタ 6 の出力信号との相関を演算する相関器 26 と、相関器 26 の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整する手段としてのフィードバックゲイン調整器 27 と、その出力を各タップの重み係数に加算し、タップ係数を更新する手段としてのタップ係数更新部 28 とから構成されるものである。

【0076】一方、ナイキスト位相補間制御による係数制御は、例えば、図 5 に示すように、ナイキスト特性を a から g まで 8 分割し、さらに 1 から 7 のエリアを、図 6 に示す FIR フィルタの各タップに対応させてレジス

タ 35 に格納しておく。図 11 のレジスタ 35 に格納されている各タップ及び各位相でのナイキスト補間係数 E_m から D_m と (m は、タップ番号、及びエリア番号に相当するものである)、タップ係数更新部 28 の出力信号であるパーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数を、タップ係数畳み込み手段 34 により重畳させ、レジスタ値更新手段 36 によりレジスタ 22a から 22g の各レジスタ値を更新することにより、パーシャルレスポンス適応自動等化による係数制御と、ナイキスト位相補間制御による係数制御の双方を満足するタップの重み係数を設定することが可能となる。

【0077】また、アナログ・デジタルコンバータ 3 の標準化クロックを制御する手段は、トランスバーサルフィルタ 6 の出力信号から、同期パターンのパターン長、あるいは、同期パターンが発生する間隔を検出し、周期情報に変換することにより周波数誤差信号を出力する手段としての周波数誤差検出器 13 と、周波数誤差検出器 13 から出力される周波数誤差信号を平滑化する手段としての周波数制御用ループフィルタ 14 と、アナログ・デジタルコンバータ 3 にクロックを供給する発振器 15 により構成される周波数制御ループにより実現される。

【0078】ここで、周波数誤差検出器 13 は、例えば、図 9 に示すような構成のものであってもよい。即ち、トランスバーサルフィルタ 6 の出力信号から信号がゼロレベルをクロスする位置を連続して検出し、隣接するゼロクロス間の標本数をカウントしてレジスタに保持する手段により構成されるゼロクロス長検出器 29 の出力を用いて、1 フレーム以上の特定の期間をカウントする手段により構成されるフレームカウンタ 30 で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長の比率が、同期パターンの比率、例えば、DVD-ROM においては、14:4 を満足している場合のみ、カウント値を加算した最大値を検出してレジスタに保持する手段により構成される同期パターン長検出器 31 により再生デジタルデータの線速度周期に反比例する周期情報 1 を得る。また、同期パターン長により、ある程度まで周波数を引き込んだ後、さらに再生クロックの有するクロック成分の周波数に近づけるために、同期パターン長検出器 31 で同期パターンであると判断された位置で同期パターンフラグを出力し、次に同期パターンフラグが検出されるまでの間隔をカウントする手段により構成される同期パターン間隔検出器 32 により、同期パターンが発生する周期を検出し、例えば、DVD-ROM では、1488 T (ここで、T は 1 チャネルビットを示す) との差を周期情報 2 として得る。これら周期情報 1 と周期情報 2 により、位相同期可能な周波数領域まで発振器 15 の発振クロックを制御する。

【0079】このような、非同期に標準化した信号を一系統のトランスバーサルフィルタにより、パーシャルレスポンス等化、及び位相補間型のデジタルフェーズロッ

クドループを実現し、データ復調を行なうことを特徴とするデジタル記録データ再生装置を用いることにより、回路規模として全体に占める割合が大きいトランスバーサルフィルタと高次補間フィルタを共用化できるため、回路規模の削減、及び特に、高速再生時における低消費電力化を図れるだけでなく、位相制御用のフィルタ係数の設定手段と、パーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数設定手段を独立に操作するように構成しておくことにより、パーシャルレスポンス等化と正規標本化位相におけるデータ再生補間の双方の特性を損なうことなく精度良く効率的な制御が可能となる。また、実施の形態1の2種類の制御ループを統合化し、回路規模として占める割合が大きいトランスバーサルフィルタと高次補間フィルタを共用化することにより、回路規模の削減、及び特に、高速再生時における低消費電力化を図れる。

【0080】なお、実施の形態2における、周波数制御、位相同期制御、及びパーシャルレスポンス適応自動制御の制御方法は、例えば、図12のフローチャートに示すようなものであってもよい。制御が開始された場合、第一段階として、周波数制御ループにより、周波数引き込みを行なう（ステップ101）。その結果として得られる再生信号が有するクロック成分の周波数と、発振器15から生成されるクロック周波数の偏差量が、 $\pm A\%$ 以内であれば（ステップ102）、第二段階の位相同期引き込み制御に移行し（ステップ103）、周波数引き込みにおけるループゲインを低ゲインモードに切替える。周波数偏差量が、 $\pm A\%$ 以内に収まっていない場合は、引き続き周波数引き込み制御を継続する。

【0081】第二段階の位相同期引き込み制御に移行している場合、その結果として検出される同期パターンが、ある一定数連続して確認できれば（ステップ104）、第三段階のLMSアルゴリズムPR適応自動等化制御に移行し（ステップ105）、位相同期引き込みにおけるループゲインを低ゲインモードに切替える。同期パターンが、ある一定数連続して確認できなければ、引き続き位相同期引き込み制御を継続する。第三段階のLMSアルゴリズムPR適応自動等化制御に移行している場合、その結果として得られる等化誤差が、 $\pm B\%$ 以内であれば（ステップ106）、第四段階のインターバル制御型PR適応自動等化制御に移行し、 $\pm B\%$ 以内に収まっていなければ、LMSアルゴリズムPR適応自動等化制御を低ゲインモードで連続して行なう（ステップ107）。ここで、インターバル制御型PR適応自動等化制御とは、逐次、パーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数をフィードバックするのではなく、ある一定期間における各々のタップでの相関性を持った等化誤差量の累積加算値を、離散的にタップの重み係数に反映させる制御方法である。ここで、LMSアルゴリズムPR適応自動等化制御と、インターバル制御型PR適応自動等化制御のループゲインは、位相同期引き込み制御のル

ープゲインに対して、十分に低いものであったほうが、競合が起こらず、安定した制御が可能となる。

【0082】このような一連の制御方法をとることにより、位相制御用のフィルタ係数制御と、パーシャルレスポンス適応自動等化用のタップの重み係数制御との競合化を防ぎ、位相制御を優先させることにより、安定した位相同期ループを実現し、かつ、パーシャルレスポンス等化の精度を損なわない制御が可能となる。また、インターバル制御を用いることにより、異常信号が発生した場合においても、制御不能状態に陥ることを回避することが可能であるため、プレイアビリティも向上するデジタル記録データ再生装置が得られる効果がある。

【0083】（実施の形態3）以下、本発明の請求項3ないし請求項5、請求項17ないし請求項20、請求項26ないし請求項31に記載されたデジタル記録データ再生装置に対応する実施の形態3について、図13から図16を用いて説明する。図13において、図示しない再生手段（光ピックアップ等）により得られた光ディスク再生信号をプリアンプ1で出力振幅を強調した後、波形等化手段2で高域を強調するような補正を施す。波形等化手段2は、ブースト量とカットオフ周波数を任意に設定できるフィルタで構成される。例えば、高次等リップルフィルタ等である。波形等化手段2の出力信号をアナログ信号をデジタル信号に変換する手段としてのアナログ・デジタルコンバータ3により、多ビットのデジタル信号に標本化する。その際、VCO40により生成されるクロックであって、再生信号が有するクロック成分とは非同期のクロックを用いる。この標本化された多ビットのデジタル信号をオフセット補正手段4に入力することにより、再生デジタル信号に含まれるオフセット成分を補正する。

【0084】このオフセット補正手段4は、例えば、図2に示すような構成のものでよい。即ち、再生デジタル信号の有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段16と、それにより検出されたオフセット信号を平滑化するための平滑化手段17と、平滑化手段17の出力信号を再生デジタル信号より減算する減算手段18により構成されるものである。

【0085】オフセット補正手段4の出力信号は、オートゲインコントロール5に入力されることにより、再生デジタル信号の振幅が任意の値に調整される。オートゲインコントロール5は、例えば、信号波形のエンベロープを検出し、任意の設定値とエンベロープ信号の差が零になるように制御するものであっても良い。

【0086】次に、オートゲインコントロール5の出力信号をトランスバーサルフィルタ6に入力して、パーシャルレスポンス等化を行なう。ここで、パーシャルレスポンス等化は、例えば、片面1層で4.7Gバイトのデジタル記録が可能なDVD-ROM (Read Only Memory) では、図3(c)に示すように、等化後の波形振幅

が、5 値 ($0, 4 \times A, 7 \times A, -4 \times A, -7 \times A$) に分かれるような PR ($3, 4, 4, 3$) 方式を用いるものとする。PR ($3, 4, 4, 3$) 方式以外にも、多種多様なパーシャルレスポンスの型は存在するが、特定の方式に限定するだけでなく、性能に見合うものが可能であれば、他の方式を用いても問題はない。これら再生データの時間方向に相関性を付加するパーシャルレスポンス方式と、後述する最尤復号法 (マキシマムライクリフッド) の一つであり、付加したデータの相関性を利用して尤も確からしい系列を復調するビタビ復号器とを組合わせて、線記録方向の高記録密度再生に有利とされる PRML 信号処理を実現している。

【0087】 上述したように、PRML 信号処理方式は、再生波形の特性や変調符号により、様々な組み合わせが存在するため、各種記録再生系に対して、適切な方式を選択することが必要である。トランスバーサルフィルタ 6 は、有限タップで構成される、例えば、FIR (Finite Impulse response Filter) フィルタである。この FIR フィルタによる等化特性は、タップの重み係数を可変させることで実現されるものである。トランス

バーサルフィルタ 6 によりパーシャルレスポンス等化された信号を高次補間フィルタ 7 により、正規の標本化位相における信号に変換する。

【0088】 高次補間フィルタ 7 は、例えば、図 5 に示すようなナイキスト補間特性に基づくものであっても良い。図 5 に示すようなナイキスト特性において、チャンネルレート ($1T$) を時間方向に N 分割した時の、各々の振幅値をレジスタに格納しておき、位相制御情報に応じて、それが示す位相の係数を設定するように選択するレジスタを切替えながら位相補間を行なっていく。これにより、非同期に標本化した再生信号が、正規の標本化位相と同等の再生等化信号に変換されることになる。

【0089】 高次補間フィルタ 7 は、図 6 に示すような、遅延素子 19a から遅延素子 19f と、乗算素子 20a から 20g と、加算手段 21 により構成される FIR フィルタであってもよい。この時、位相補間を行なうに際して、ループフィルタ 10 の出力信号である位相制御情報を基に、図 6 に示すような、レジスタ 22a から 22g に保持されているフィルタ係数を、セレクト 23a から 23g により切替えながら、S1 から S7 までのタップ係数を設定していく。ここで、レジスタ 22a から 22g の係数は、図 5 の各位相毎のナイキスト特性値を N 分割、例えば図 5 に示すように、a から g まで 8 分割し、さらに 1 から 7 のエリアを、図 6 に示す FIR フィルタの各タップに対応させて格納しておく。例えば、ループフィルタ 10 から得られる現時点での位相制御情報が、正規の位相と 180° 異なる標本化位相であった場合、図 5 に示すエリア 1 から 7 までの“●”、即ち e の位相でのフィルタ係数が S1 から S7 のタップ係数として設定されることになる。ここで、時間方向の分割数

N は大きいほど位相制御の精度は向上するが、分割数 N の増加は回路規模の増加に結びつくため、性能と回路規模が相容れる条件にて設定されるものである。高次補間フィルタ 7 の出力信号は、タップ重み係数制御手段 8 に入力され、等化誤差を最小にするようにトランスバーサルフィルタ 6 のタップの重み係数を適応的に制御する。

【0090】 タップ重み係数制御手段 8 は、例えば、図 7 に示すような、最小二乗平均アルゴリズムを用いたものであってもよい。即ち、高次補間フィルタ 7 の出力信号から仮判定回路 24 によりパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出し、その等化目標値と高次補間フィルタ 7 の出力信号を減算して等化誤差を検出する等化誤差検出器 25 と、等化誤差検出器 25 の出力信号と、高次補間フィルタ 7 の出力信号との相関を演算する相関器 26 と、相関器 26 の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整する手段としてのフィードバックゲイン調整器 27 と、その出力を各タップの重み係数に加算し、タップ係数を更新する手段としてのタップ係数更新部 28 とから構成されるものである。

【0091】 次に、高次補間フィルタ 7 の出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器 9 と、位相比較器 9 から出力される位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタ 10 と、その出力信号を位相制御情報として、前記高次補間フィルタ 7 のフィルタ係数を制御するフィードバックループにより、デジタル位相同期ループ 11 を構成する。

【0092】 以上、一連の動作により出力された、正規の位相でのパーシャルレスポンス等化波形を用いて、パーシャルレスポンスの型に応じて復号を行なう最尤復号器 12 を通してデータ復調を行なう。ここで、最尤復号器 12 は、例えば、ビタビ復号器であってもよい。ビタビ復号器は、パーシャルレスポンスの型にしたがって、意図的に付加された符号の相関の法則にしたがって、確率計算を行ない、尤も確からしい系列を再現するものである。

【0093】 また、アナログ・デジタルコンバータ 3 の標本化クロックを制御する手段は、高次補間フィルタ 7 の出力信号から、同期パターンのパターン長、あるいは、同期パターンが発生する間隔を検出し、周期情報に変換することにより周波数誤差信号を出力する手段としての周波数誤差検出器 13 と、周波数誤差検出器 13 から出力される周波数誤差信号を平滑化する手段としての周波数制御用ループフィルタ 14 により構成される、ラフな周波制御を司る周波数制御手段 37 と、周波数と再生信号に含まれるクロック成分の周波数が近傍まで引き込まれた後に、ループフィルタ 10 から出力される位相制御情報をモニタし、その位相制御信号が位相同期制御不能領域に達する前に、正常動作範囲に戻るようクロック周波数のアップ・ダウン制御を行なう位相同期維持手段 38 と、それら、周波数のラフ制御信号とアップ・

ダウン制御信号を基に、アナログ・デジタルコンバータ 3 にクロックを供給する VCO 40 の発振周波数を制御する VCO 制御手段 38 により構成される周波数制御ループにより実現される。

【0094】ここで、周波数制御手段 37 は、例えば、図 9 に示すような構成のものに周波数制御用ループフィルタ 14 を接続したものであってもよい。即ち、高次補間フィルタ 7 の出力信号から信号がゼロレベルをクロスする位置を連続して検出し、隣接するゼロクロス間の標本数をカウントしてレジスタに保持する手段により構成されるゼロクロス長検出器 29 の出力を用いて、1 フレーム以上の特定の期間をカウントする手段により構成されるフレームカウンタ 30 で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長の比率が、同期パターンの比率、例えば、DVD-ROM においては、14:4 を満足している場合のみ、カウント値を加算した最大値を検出してレジスタに保持する手段により構成される同期パターン長検出器 31 により再生デジタルデータの線速度周期に反比例する周期情報 1 を得る。また、同期パターン長により、ある程度まで周波数を引き込んだ後、さらに再生クロックの有するクロック成分の周波数に近づけるために、同期パターン長検出器 31 で同期パターンであると判断された位置で同期パターンフラグを出力し、次に同期パターンフラグが検出されるまでの間隔をカウントする手段により構成される同期パターン間隔検出器 32 により、同期パターンが発生する周期を検出し、例えば、DVD-ROM では、1488T（ここで、T は 1 チャネルビットを示す）との差を周期情報 2 として得る。これら周期情報 1 と周期情報 2 により、周波数制御用のループフィルタ 14 を介して、位相同期可能な周波数領域まで VCO 40 の発振クロックを制御する。

【0095】また、位相同期維持手段 38 は、例えば、図 14 に示すような制御方法に基づくものであってもよい。周波数制御手段 37 により、位相同期可能な周波数領域まで VCO の発振クロックの周波数が引き込まれている場合、図 14 (a) に示すような、ループフィルタ 10 の出力信号である位相制御信号が、位相制御限界に達する前に、ある任意の位相維持レベルを、位相の進み方向と遅れ方向の双方に設けておき、位相制御信号が、進み方向の位相維持レベルを超える場合はアップ制御信号を、遅れ方向の位相維持レベルを超える場合はダウン制御信号を、VCO 制御手段 39 に供給する。この周波数のアップ・ダウン制御により、VCO 40 の発振クロックの周波数は、位相同期可能な領域内にとどまるように制御されるため、位相の不連続点が存在しない滑らかな位相同期制御が可能となる。この時、VCO 40 の発振周波数の制御は、図 14 (b) に示すような周波数曲線を描くことになる。

【0096】このような一連の周波数制御を行なうことにより、再生信号を標本化する際の非同期なクロックの

周波数を、常に、デジタル位相同期ループの制御可能範囲内に維持できることになる。したがって、位相同期制御時に不連続点が生じることなく、安定したデジタル記録データ再生が可能となるだけでなく、周波数制御と位相制御を分離して考えることが可能となるため、発振器の回路及び制御手段も単純な構成で実現できる。特に、VCO 等のアナログ回路においては、経年変化や性能面でのバラツキがあるため、その補償回路等が必要となってくるが、本発明の制御方式を用いれば、回路構成を簡略化することが可能となり、コスト削減、及び低消費電力化に効果がある。

【0097】なお、トランスバーサルフィルタ 6、高次補間フィルタ 7、タップ重み係数制御手段 8、位相比較器 9 及びループフィルタ 10 の代わりに、図 10 のトランスバーサルフィルタ 6、位相比較器 9、ループフィルタ 10 及び位相補間型タップ重み係数制御手段 33 を用いてもよい。

【0098】なお、VCO 制御手段 39 は、例えば、図 15 (a) に示すようなものであってもよい。即ち、周波数制御手段 37 から出力される周波数ラフ制御信号と、位相同期維持手段 38 から出力される周波数アップ・ダウン制御信号を、それぞれデルタ・シグマ変調器 41 に入力し、オーバーサンプリングを利用し、時間方向に変調をかけた後、その出力をデジタル・アナログコンバータ 42 に入力して、デジタル制御信号を電圧値に変換する。変換された電圧値を、平滑化する手段としての低域通過型フィルタ 43 に入力して、滑らかな VCO 制御電圧に整形し直すことにより、本来、VCO 40 が持つ発振周波数の最小制御量よりも細かい制御が可能となる。その時の、VCO 制御電圧とデルタ・シグマ変調器 41 の出力の関係は、図 15 (b) に示すようになっている。

【0099】再生信号の標本化に用いる非同期なクロックの周波数を、デジタル位相同期ループの制御可能範囲内に維持する際に、発振器の最小周波数制御分解能が荒く、アップ・ダウン制御時に発振周波数が大きく変動する場合においては、位相同期ループに乱れが生ずる危険性があったが、このように時間方向に変調をかけて発振器の発振周波数を本来の分解能よりも細かく制御することにより、アップ・ダウン時に乱れることなく連続再生が可能となるため、再生品質が向上する。

【0100】なお、VCO 制御手段 39 は、例えば、図 16 (a) に示すようなものであってもよい。即ち、周波数制御手段 37 から出力される周波数ラフ制御信号と、位相同期維持手段 38 から出力される周波数アップ・ダウン制御信号を、それぞれデルタ・シグマ変調器 41 に入力し、オーバーサンプリングを利用し、時間方向に変調をかけた後、その出力をデジタル・アナログコンバータ 42 に入力して、デジタル制御信号を電圧値に変換する。変換された電圧値を、平滑化する手段としての

低域通過型フィルタ 43 に入力して、滑らかな VCO 制御電圧に整形し直すことにより、本来、VCO 40 が持つ発振周波数の最小制御量よりも細かい制御が可能となる。その際、再生する倍速モードや、ディスク再生時の内外周差等、再生速度の変化量に応じて、低域通過型フィルタ 43 のカットオフ周波数を切替える手段としてのカットオフ周波数設定手段 44 を擁するものである。

【0101】ここで、カットオフ周波数は、再生クロックの周波数に連動させて変化させていくことが可能であれば、さらに性能向上につながる。その時の、VCO 制御電圧とデルタ・シグマ変調器 41 の出力の関係は、図 16 (b) に示すようになっている。低域通過型フィルタのカットオフ周波数を固定すると、2 倍速で正常な再生が行なえていたものが、1 倍速、つまり再生チャネルレート 2 倍の長さになると、VCO 制御電圧は乱れることになる。しかしながら、2 倍速再生から 1 倍速再生に切替える時点で、カットオフ周波数を低く設定することにより、図 16 (b) に示すように、滑らかな制御が維持できる。これは、ディスク再生時にスピンドルモータの回転数を一定に保つ方式である CAV 再生方式において存在する、再生速度の内外周差にも同様の効果が得られる。

【0102】これにより、デジタル記録データを再生する際に、複数の再生速度を補償しなければならない場合や、ディスク媒体における内外周差、及び記録媒体の種類が異なるため広範囲の周波数制御帯域を有する場合において、それぞれの再生速度に適した応答特性を実現できるため、多種多様の再生倍速モードに対しても対応することが容易になり、再生速度が大きく変化する条件下においても再生特性を維持することが可能なデジタル記録データ再生装置を得ることができる。さらに、デジタルデータ再生装置に占めるアナログ素子を軽減し、回路構成を単純化した場合にも安定したデータ再生が可能となるため、さらなる、コスト低減につながる効果がある。

【0103】（実施の形態 4）以下、本発明の請求項 6 ないし請求項 9、請求項 21 ないし請求項 32 に記載されたデジタル記録データ再生装置に対応する実施の形態 4 について、図 17 から図 22 を用いて説明する。

【0104】図 17 において、図示しない再生手段（光ピックアップ等）により得られた光ディスク再生信号をプリアンプ 1 で出力振幅を強調した後、波形等化手段 2 で高域を強調するような補正を施す。波形等化手段 2 は、例えば、高次等リップルフィルタ等の、ブースト量とカットオフ周波数を任意に設定できるフィルタで構成される。波形等化手段 2 の出力信号をアナログ信号をデジタル信号に変換する手段としてのアナログ・デジタルコンバータ 3 により、多ビットのデジタル信号に標本化する。その際、発振器 15 により生成されるクロックであって、再生信号が有するクロック成分とは非同期のク

ロックを用いる。この標本化された多ビットのデジタル信号と、高次補間フィルタ 7 の出力信号を、オフセット補正手段 4 に入力することにより、再生デジタル信号に含まれるオフセット成分を補正する。

【0105】オフセット補正手段 4 は、例えば、図 18 に示すような構成のものでよい。即ち、高次補間フィルタ 7 の出力信号から、信号がゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロスフラグを出力する機能により構成されるゼロクロス位置検出手段 45 と、図 19 において“●”で示すような、ゼロクロス位置の標本化信号については、図 19 に示す、真の DC レベルと、偽の DC レベルの振幅差（図中では E）を出力する機能により構成されるゼロクロス振幅出力手段 46 と、ゼロクロス位置でない標本化信号については、その信号の極性に応じて、ある任意の値 X、あるいは -X を出力する機能により構成される極性値出力手段 47 と、ゼロクロス振幅出力手段 46 と極性値出力手段 47 の出力信号を、ゼロクロスフラグにより切替えて出力する手段であるセクタ 48 により、オフセット誤差信号として統合した後、平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタ 49 に入力される。最後に、減算手段 18 により、アナログ・デジタルコンバータ 3 の出力信号から、オフセット補正用ループフィルタ 49 の出力信号を直接減算し、オフセット補正を行なうものである。

【0106】従来の、信号の符号のみに注目して制御を行なう方法であれば、高い周波数成分の DC レベル変動に追従させるために、ループゲインを大きくした場合、検出したオフセット情報の不確かさから発生する制御雑音により、再生信号品質が劣化していた。しかしながら、図 18 に示すようなオフセット補正手段 4 を用いれば、図 19 に示す X の値を、適切に選ぶことにより、オフセット誤差量を時間方向に展開することができるため、信号の極性だけでは得られなかった、より精度良いオフセット誤差信号を検出することが可能となる。したがって、従来に比べると、ループゲインを大きくしても、制御雑音が増加しないため、オフセット補正に伴う再生信号品質の劣化を抑えることが可能となるだけでなく、より高い周波数成分を有する DC レベル変動や、振幅変動、及びスクラッチ等により発生する異常信号に対し、高い追従性と安定した動作が保証される。オフセット補正手段 4 の出力信号は、オートゲインコントロール 5 に入力されることにより、再生デジタル信号の振幅が任意の値に調整される。オートゲインコントロール 5 は、例えば、信号波形のエンベロープを検出し、任意の設定値とエンベロープ信号の差が零になるように制御するものであっても良い。

【0107】次に、オートゲインコントロール 5 の出力信号をトランスバーサルフィルタ 6 に入力して、パーシャルレスポンス等化を行なう。ここで、パーシャルレスポンス等化は、例えば、片面 1 層で 4.7 G バイトのデ

デジタル記録が可能なDVD-ROM (Read Only Memory) では、図3(c)に示すように、等化後の波形振幅が、5値(0, $4 \times A$, $7 \times A$, $-4 \times A$, $-7 \times A$)に分かれるようなPR(3, 4, 4, 3)方式を用いるものとする。PR(3, 4, 4, 3)方式以外にも、多種多様なパーシャルレスポンスの型は存在するが、特定の方式に限定するだけでなく、性能に見合うものが実現可能であれば、他の方式を用いても問題はない。これら再生データの時間方向に相関性を付加するパーシャルレスポンス方式と、後述する最尤復号法(マキシマムライクリフッド)の一つであり、付加したデータの相関性を利用して尤も確からしい系列を復調するビタビ復号器とを組合わせて、線記録方向の高記録密度再生に有利とされるPRML信号処理を実現している。上述したように、PRML信号処理方式は、再生波形の特性や変調符号により、様々な組み合わせが存在するため、各種記録再生系に対して、適切な方式を選択することが必要である。トランスバーサルフィルタ6は、有限タップで構成される、例えば、FIR(Finite Impulse response Filter)フィルタである。このFIRフィルタによる等化特性は、タップの重み係数を可変させることで実現されるものである。トランスバーサルフィルタ6によりパーシャルレスポンス等化された信号を高次補間フィルタ7により、正規の標本化位相における信号に変換する。高次補間フィルタ7は、例えば、図5に示すようなナイキスト補間特性に基づくものであっても良い。図5に示すようなナイキスト特性において、チャンネルレート(1T)を時間方向にN分割した時の、各々の振幅値をレジスタに格納しておき、位相制御情報に応じて、それが示す位相の係数を設定するように選択するレジスタを切替えながら位相補間を行なっていく。これにより、非同期に標本化した再生信号が、正規の標本化位相と同等の再生等化信号に変換されることになる。

【0108】高次補間フィルタ7は、図6に示すような、遅延素子19aから遅延素子19fと、乗算素子20aから20gと、加算手段21により構成されるFIRフィルタであってもよい。この時、位相補間を行なうに際して、ループフィルタ10の出力信号である位相制御情報を基に、図6に示すような、レジスタ22aから22gに保持されているフィルタ係数を、セクタ23aから23gにより切替えながら、S1からS7までのタップ係数を設定していく。ここで、レジスタ22aから22gの係数は、図5の各位相毎のナイキスト特性値をN分割、例えば図5に示すように、aからgまで8分割し、さらに1から7のエリアを、図6に示すFIRフィルタの各タップに対応させて格納しておく。例えば、ループフィルタ10から得られる現時点での位相制御情報が、正規の位相と 180° 異なる標本化位相であった場合、図5に示すエリア1から7までの“●”、即ちeの位相でのフィルタ係数がS1からS7のタップ係数と

して設定されることになる。ここで、時間方向の分割数Nは大きいほど位相制御の精度は向上するが、分割数Nの増加は回路規模の増加に結びつくため、性能と回路規模が相容れる条件にて設定されるものである。高次補間フィルタ7の出力信号は、タップ重み係数制御手段8に入力され、等化誤差を最小にするようにトランスバーサルフィルタ6のタップの重み係数を適応的に制御する。

【0109】タップ重み係数制御手段8は、例えば、図7に示すような、最小二乗平均アルゴリズムを用いたものであってもよい。即ち、高次補間フィルタ7の出力信号から仮判定回路24によりパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出し、その等化目標値と高次補間フィルタ7の出力信号を減算して等化誤差を検出する等化誤差検出器25と、等化誤差検出器25の出力信号と、高次補間フィルタ7の出力信号との相関を演算する相関器26と、相関器26の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整する手段としてのフィードバックゲイン調整器27と、その出力を各タップの重み係数に加算し、タップ係数を更新する手段としてのタップ係数更新部28とから構成されるものである。

【0110】次に、高次補間フィルタ7の出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器9と、位相比較器9から出力される位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタ10と、その出力信号を位相制御情報として、前記高次補間フィルタ7のフィルタ係数を制御するフィードバックループにより、デジタル位相同期ループ11を構成する。

【0111】以上、一連の動作により出力された、正規の位相でのパーシャルレスポンス等化波形を用いて、パーシャルレスポンスの型に応じて復号を行なう最尤復号器12を通してデータ復調を行なう。ここで、最尤復号器12は、例えば、ビタビ復号器であってもよい。ビタビ復号器は、パーシャルレスポンスの型にしたがって、意図的に付加された符号の相関の法則にしたがって、確率計算を行ない、尤も確からしい系列を再現するものである。

【0112】また、アナログ・デジタルコンバータ3の標本化クロックを制御する手段は、高次補間フィルタ7の出力信号から、同期パターンのパターン長、あるいは、同期パターンが発生する間隔を検出し、周期情報に変換することにより周波数誤差信号を出力する手段としての周波数誤差検出器13と、周波数誤差検出器13から出力される周波数誤差信号を平滑化する手段としての周波数制御用ループフィルタ14と、アナログ・デジタルコンバータ3にクロックを供給する発振器15により構成される周波数制御ループにより実現される。

【0113】ここで、周波数誤差検出器13は、例えば、図9に示すような構成のものであってもよい。即ち、高次補間フィルタ7の出力信号から信号がゼロレベルをクロスする位置を連続して検出し、隣接するゼロク

ロス間の標本数をカウントしてレジスタに保持する手段により構成されるゼロクロス長検出器 29 の出力を用いて、1 フレーム以上の特定の期間をカウントする手段により構成されるフレームカウンタ 30 で制定された期間内における、隣接するゼロクロス長の比率が、同期パターンの比率、例えば、DVD-ROM においては、14:4 を満足している場合のみ、カウント値を加算した最大値を検出してレジスタに保持する手段により構成される同期パターン長検出器 31 により再生デジタルデータの線速度周期に反比例する周期情報 1 を得る。また、同期パターン長により、ある程度まで周波数を引き込んだ後、さらに再生クロックの有するクロック成分の周波数に近づけるために、同期パターン長検出器 31 で同期パターンであると判断された位置で同期パターンフラグを出力し、次に同期パターンフラグが検出されるまでの間隔をカウントする手段により構成される同期パターン間隔検出器 32 により、同期パターンが発生する周期を検出し、例えば、DVD-ROM では、1488T（ここで、T は 1 チャネルビットを示す）との差を周期情報 2 として得る。これら周期情報 1 と周期情報 2 により、位相同期可能な周波数領域まで発振器 15 の発振クロックを制御する。

【0114】このように、オフセット誤差量を時間方向に展開する手法を用いることにより、信号の極性だけでは得られなかった、より精度良いオフセット誤差信号を検出することが可能となる。したがって、従来に比べると、ループゲインを大きくしても、制御雑音が増加しないため、オフセット補正に伴う再生信号品質の劣化を抑えることが可能となるだけでなく、より高い周波数成分を有する DC レベル変動や、振幅変調、及びスクラッチ等により発生する異常信号に対し、高い追従性と安定した動作が保証される。これにより、異常条件下での再生時にもプレイアビリティの向上が可能となる。

【0115】即ち、信号波形にアシンメトリが存在するだけでなく、スクラッチやディフェクト等により引き起こされる、急激な振幅変調やオフセットレベル変動等が起こる可能性を有する光ディスク系のデジタルデータ再生において、記録変調符号の特徴を生かした符号極性成分によるオフセット補正と、ゼロクロス近傍の標本化位相における振幅成分によるオフセット補正の比率を適応的に変化させることにより、制御状況に応じて最適なオフセット補正が可能となるため、スクラッチやディフェクト等により引き起こされる異常信号に対しての追従性、及び復旧性能が向上する。また、周波数引き込みや位相同期引き込み制御に対しても有利な状況となるため、シーク後の高速な位相同期引き込みが可能となる。

【0116】なお、トランスバースフィルタ 6、高次補間フィルタ 7、タップ重み係数制御手段 8、位相比較器 9 及びループフィルタ 10 の代わりに、図 10 のトランスバースフィルタ 6、位相比較器 9、ループフィル

タ 10 及び位相補間型タップ重み係数制御手段 33 を用いてもよい。

【0117】なお、オフセット補正手段 4 は、図 20 に示すような構成のものであってもよい。即ち、高次補間フィルタ 7 の出力信号から、信号がゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロスフラグを出力する機能により構成されるゼロクロス位置検出手段 45 と、図 19 において“●”で示すような、ゼロクロス位置の標本化信号については、図 19 に示す、真の DC レベルと、偽の DC レベルの振幅差（図中では E）を出力する機能により構成されるゼロクロス振幅出力手段 46 と、ゼロクロス位置でない標本化信号については、その信号の極性に応じて、ある任意の値 X、あるいは -X を出力する機能により構成される極性値出力手段 47 を有し、極性値出力手段 47 の出力信号に対して、ゲイン調整手段 50 により、任意のゲインが設定できるものである。

【0118】つまり、図 19 で示す X が、任意の値に設定可能となるため、ゼロクロス位置における振幅誤差量との比率を変えることにより、オフセット補正制御を、ゼロクロス振幅出力手段 46 と極性値出力手段 47 の出力信号のどちらを主として制御するかを調整することが可能となる。ゼロクロス振幅出力手段 46 の出力信号を主とした場合は、位相同期引き込み後の DC レベル変動に対し有利な制御が行なえるが、位相同期引き込みが崩れた場合には、同時にオフセット補正制御も崩れる。反対に、極性値出力手段 47 の出力信号を主とした場合は、制御雑音は大きくなるが、高速かつ確実にオフセット補正を行なうことが可能である。

【0119】以上のようにして得られた、ゼロクロス振幅出力手段 46 とゲイン調整手段 50 の出力信号を、ゼロクロスフラグにより切替えて出力する手段であるセレクタ 48 により、オフセット誤差信号として統合した後、平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタ 49 に入力される。最後に、減算手段 18 により、アナログ・デジタルコンバータ 3 の出力信号からオフセット補正用ループフィルタ 49 の出力信号を直接減算し、オフセット補正を行なうものである。

【0120】このように、ゼロクロス振幅出力手段と極性値出力手段の出力信号のどちらを主とするかにより、制御に、応答速度や、制御雑音等の面で、様々なバリエーションを持たすことが可能となるため、異なる記録媒体の再生や、波形条件により、それらの条件に適したオフセット補正が可能となる。

【0121】なお、オフセット補正手段 4 は、図 21 に示すような構成のものであってもよい。高次補間フィルタ 7 の出力信号から、信号がゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロスフラグを出力する機能により構成されるゼロクロス位置検出手段 45 と、図 19 において“●”で示すような、ゼロクロス位置の標本化信号については、図 19 に示す、真の DC レベルと、偽の DC

レベルの振幅差（図中ではE）を出力する機能により構成されるゼロクロス振幅出力手段46と、ゼロクロス位置でない標本化信号については、その信号の極性に依りて、ある任意の値X、あるいは-Xを出力する機能により構成される極性値出力手段47を有し、極性値出力手段47の出力信号に対して、ゲイン調整手段50により、任意のゲインが設定できるものである。また、ゲイン調整手段50を制御する手段として、モード制御手段51を有する構成になっている。モード制御手段51により、例えば、シーク時は、応答性能を上げるため、極性値出力手段47の出力信号を主として制御するモードにし、位相同期引き込みを行なった時点で、ゼロクロス振幅出力手段46の出力信号を主として制御するモードに切替えることが可能となる。以上のようにして得られた、ゼロクロス振幅出力手段46とゲイン調整手段50の出力信号を、ゼロクロフラグにより切替えて出力する手段であるセクタ48により、オフセット誤差信号として統合した後、平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタ49に入力される。最後に、減算手段18により、アナログ・デジタルコンバータ3の出力信号からオフセット補正用ループフィルタ49の出力信号を直接減算し、オフセット補正を行なうものである。

【0122】このように制御モードに応じて、オフセット補正制御の特徴を切替えることにより、再生信号の精度よりもレベル変動への追従性が必要となるシーク時には、符号の極性を主として制御を行ない、再生信号の精度が必要である連続データの再生時には、ゼロクロス振幅を主として制御を行なうという、状況に応じて最適なオフセット補正が可能となる。また、制御の収束性にも関わってくるため、シーク後の高速な位相同期引き込みが可能となる。なお、オフセット補正手段4は、図22に示すような構成のものであってもよい。

【0123】高次補間フィルタ7の出力信号から、信号がゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロスフラグを出力する機能により構成されるゼロクロス位置検出手段45と、図19において“●”で示すような、ゼロクロス位置の標本化信号については、図19に示す、真のDCレベルと、偽のDCレベルの振幅差（図中ではE）を出力する機能により構成されるゼロクロス振幅出力手段46と、ゼロクロス位置でない標本化信号については、その信号の極性に依りて、ある任意の値X、あるいは-Xを出力する機能により構成される極性値出力手段47を有し、極性値出力手段47の出力信号に対して、ゲイン調整手段50により、任意のゲインが設定できるものである。また、疑似位相同期状態で制御が安定した場合に、正常な位相同期状態に復旧させる手段として、カウンタ52により設定される任意の一定時間において、極性値出力手段47の出力信号を累積加算手段により加算し、疑似位相同期判定手段54により、その出力信号レベルをモニタし、疑似位相同期状態であるか否

かを判定する。疑似位相状態であると判断された場合には、ゲイン調整手段50を用いて、符号の極性成分によるオフセット補正を強化することにより、正常位相同期状態に復旧させる構成になっている。以上のようにして得られた、ゼロクロス振幅出力手段46とゲイン調整手段50の出力信号を、ゼロクロフラグにより切替えて出力する手段であるセクタ48により、オフセット誤差信号として統合した後、平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタ49に入力される。最後に、減算手段18により、アナログ・デジタルコンバータ3の出力信号からオフセット補正用ループフィルタ49の出力信号を直接減算し、オフセット補正を行なうものである。

【0124】このような構成をとることにより、スクラッチやディフェクト等により発生する、急激なオフセットレベル変動や振幅変動をきっかけとして疑似位相同期が発生した場合においても、早期に自己修復し本来の位相同期状態に復旧することが可能となるため、プレイアビリティの向上が図れるデジタル記録データ再生装置が得られる効果がある。

【0125】

【発明の効果】以上のように、本願の請求項1に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を補間により再生する補間フィルタと、該補間フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するフィルタ係数制御手段と、前記補間フィルタの出力信号に基づき位相誤差を検出し前記補間フィルタのフィルタ係数を更新する位相同期ループと、前記補間フィルタの出力信号を前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるようにしたので、正規のサンプリング位相での補間データに基づいて最尤復号を行うことが可能となり、再生信号のチルトによる波形劣化等に影響されない、パーシャルレスポンス最尤復号に適したデジタルデータ復調が可能となる効果がある。

【0126】また、本願の請求項2に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、前記等化フィルタの出力信号に基づき位相

誤差を検出する位相同期ループと、該等化フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するとともに前記位相同期ループの出力に基づき位相誤差をなくするようにフィルタ係数を制御するフィルタ係数制御手段と、前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるようにしたので、正規のサンプリング位相での補間データに基づいて最尤復号を行うことが可能となり、再生信号のチルトによる波形劣化等に影響されない、パーシャルレスポンス最尤復号に適したデジタルデータ復調が可能になる。また、回路規模やコストの削減、低消費電力化や再生データのエラーレートの向上にも有効である、という効果がある。

【0127】また、本願の請求項3に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記記録媒体の再生信号に含まれるクロック信号とは位相が非同期のクロックを発生するクロック発生手段と、前記位相同期ループの出力に基づいて前記クロック発生手段が発生するクロックの周波数を制御する周波数制御手段と、前記位相同期ループの出力に基づいて前記クロック発生手段が発生するクロックの位相が同期状態を維持するように制御を行う位相同期維持手段とを備えるようにしたので、クロック発生手段の発振制御が、ラフな周波数制御と同期周波数近傍のアップダウン制御のみで済ませることができ、精度のよい位相同期ループを実現できるとともに、アナログ素子の大幅な削減が可能となる。また、高周波動作もしなくてよいため、ノイズの発生対策が不要となる効果がある。

【0128】また、本願の請求項4に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項3記載のデジタル記録データ再生装置において、前記周波数制御手段および前記位相同期維持手段からの制御信号に対しデルタ・シグマ変調を行うデルタ・シグマ変調手段と、該デルタ・シグマ変調手段の出力信号の高域成分を除去する低域通過型フィルタとを備えるようにしたので、ラフ制御からアップダウン制御に切り替わる際の位相同期ループの乱れを抑制でき、滑らかな周波数追従を行うことが可能となり、より安定した位相同期引き込みを実現でき、再生データのエラーレートを向上できる。また、クロック発生手段の制御も主にラフ制御の制御性能の向上を考えて設計すればよいため、アナログ回路の簡略化が可能となる効果がある。

【0129】また、本願の請求項5に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項4記載のデジタル記録データ再生装置において、前記低域通過型フィルタの時定数を変化させる時定数可変手段を備えるようにしたので、記録媒体の再生速度が変化した場合にその速度に応じて時定数を可変させることができ、記録

媒体の倍速での再生モードを有するデータ再生系において、再生速度に依存せずに滑らかな周波数追従を行うことが可能となる効果がある。

【0130】また、本願の請求項6に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形のセンターラインがゼロレベルとクロスするポイントに関してはそのポイントの振幅成分を加算し、それ以外の符号が確定しているポイントに関しては、再生符号に従ってその極性に応じた所定値を加算するようにしたので、オフセット誤差情報の確度が高まり、高周波成分を含んだ直流変動に対してオフセット調整を応答させる場合にも、動作の安定化と調整後のノイズの低減が可能となり、直流変動に対して有効なデータ再生手段を実現できる効果がある。

【0131】また、本願の請求項7に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形のセンターラインがゼロレベルとクロスするポイントに関してはそのポイントの振幅成分を加算し、それ以外の符号が確定しているポイントに関しては、再生符号に従ってその極性に応じた値を加算するものであり、かつその加算値をシーク動作時とそれ以外とで異ならせるようにしたので、オフセット誤差情報の確度が高まり、高周波成分を含んだ直流変動に対してオフセット調整を応答させる場合にも、動作の安定化と調整後のノイズの低減が可能となり、直流変動に対して有効なデータ再生手段を実現できるとともに、動作状況に応じた制御を行うことが可能となり、プレイアビリティの向上が可能となる効果がある。

【0132】また、本願の請求項8に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項7記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、シーク動作時には前記加算値の値を大きくし、位相同期状態には前記加算値の値を小さくするようにしたので、シーク動作中は追従性を高め、位相同期状態になると制御雑音を抑えることができ、最適なオフセット制御が可能となる効果がある。

【0133】また、本願の請求項9に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項1または2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記デジタルデータ補正手段は、オフセット調整を行う際に、標本化された波形の各ポイントでの所定時間分の累積加算値をモニタし、その直流分の誤差量を離散的に直流分にフィードバックするようにしたので、異常状態である疑似ロック状態からの復旧を高速に行うことが可能となり、プレイアビリティの向上が可能となる効果がある。

【0134】また、本願の請求項10に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項2記載のデジタル記録データ再生装置において、前記フィルタ係数制御手段は、位相同期引き込みを行った後、パーシャルレスポンス等化を連続的にを行い、かつそのループゲインを位相同期ループに比し十分低く設定し、その後等化誤差が小さくなると間欠的な制御動作に切り替えるようにしたので、姿勢データの品質が向上し、同期引き込み速度の向上が可能となる効果がある。

【0135】また、本願の請求項11に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することにより、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるという効果がある。

【0136】また、本願の請求項12に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振

幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、トランスバーサルフィルタと高次補間フィルタとの機能を併せ持ち、前記振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行ない、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する位相補間型トランスバーサルフィルタと、該出力信号から位相誤差を検出する位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化して位相情報を得るためのループフィルタと、該位相情報及び前記位相補間型トランスバーサルフィルタの出力信号から、等化誤差が最小であり、かつ正規の標本化信号を再現するための、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのタップの重み係数設定を設定するタップ重み係数設定手段と、前記補間出力信号を前記位相補間型トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、パーシャルレスポンス等化とデジタルフェーズロックドループを同一のフィルタで実現するようにしたので、回路規模が大きいとされるトランスバーサルフィルタと高次補間フィルタをトランスバーサルフィルタのみで共用化できるため、回路規模の削減、及び特に、高速再生時における低消費電力化を図れる効果がある。

【0137】また、本願の請求項13に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項12記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数設定手段は、位相方向に分割化された各位相毎のフィルタ係数を有し、前記ループフィルタより出力される位相情報にしたがって該位相制御用のフィルタ係数を更新し、前記位相補間型トランスバーサルフィルタの出力信号を基に、等化誤差を最小にするようにパーシャルレスポンス等化用のフィルタ係数を更新し該位相制御用フィルタ係数と、該パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数を重畳することにより、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を設定するようにしたので、位相制御用のフィルタ係数の設定手段と、パーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数設定手段を独立に操作することができるため、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのみで、パーシャルレスポンス等化と正規位相でのデータ補間を共用化した場合でも、双方の特性を損なうことなく精度が良く効率的な制御が可能となる効果がある。

【0138】また、本願の請求項14に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項12記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数設定手段は、前記トランスバーサルフィルタの出力信号に基づきパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、該相

関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタップ係数を更新するタップ係数更新部と、ナイキスト特性のチャネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を各タップに対応させて格納する第1のレジスタと、前記第1のレジスタに格納された各タップおよび各位相でのナイキスト補間係数と前記タップ係数更新部から出力されるパーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数を重畳するタップ係数畳み込み手段と、初段の遅延素子に前記パーシャルレスポンス等化がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本タップ重み係数設定手段の出力を生成する加算器と、前記乗算器に対応して設けられた第2のレジスタと、前記タップ係数畳み込み手段の出力に基づき前記第2のレジスタの値を更新するレジスタ値更新手段と、前記第2のレジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記第2のレジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセレクトとを備えるようにしたので、前記位相補間型トランスバーサルフィルタのみで、パーシャルレスポンス等化と正規位相でのデータ補間を共用化した場合でも、双方の特性を損なうことなく精度が良く効率的な制御を可能にするためのタップ係数の畳み込みを実現する具体的な構成が得られる効果がある。

【0139】また、本願の請求項15に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項12記載のデジタル記録データ再生装置において、前記トランスバーサルフィルタの出力から周波数誤差を検出する周波数誤差検出器と、該検出された周波数誤差を平滑し前記発振器に制御信号として与える周波数制御用ループフィルタとをさらに備え、前記周波数誤差が所定値以下となった状態で前記周波数制御用ループフィルタを含む周波数制御用ループのゲインを低下せしめて、周波数引き込み制御から位相同期引き込み制御に移行し、同期パターンが所定数検出された場合に前記位相比較器を含む位相制御用ループのループゲインを低下せしめて、前記位相補間型タップ重み係数制御手段によるパーシャルレスポンス適応自動等化制御に移行し、該パーシャルレスポンス適応自動等化制御による等化誤差が所定値以下となった状態で、等化誤差量の累積加算値を離散的にタップの重み係数に反映させるインターバル制御型パーシャルレスポンス適応自動等化制御に移行するようにしたので、ラフ制御から位相同期状態に移行した後に、安定した位相同期ループを実現でき、かつ制御不可能な状態に陥るのを防止できる効果がある。

【0140】また、本願の請求項16に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項12に記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数設定手段は、前記位相制御用フィルタ係数の更新時のフィードバックゲインを、前記パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数の更新時のフィードバックゲインよりも十分に大きく設定し、前記パーシャルレスポンス等化用フィルタ係数を離散的に更新するものとしたので、位相制御用のフィルタ係数制御と、パーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数制御との競合化を防ぎ、位相制御を優先させることにより、安定した位相同期ループを実現し、かつパーシャルレスポンス等化の精度を損なわないとともに、異常信号に対して制御不能状態に陥らないため、プレイアビリティが向上する効果がある。

【0141】また、本願の請求項17に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるとともに、前記発振器の出力クロックの周波数を制御する手段として、記録データに含まれる同期パターンの周期と該同期パターンの検出される時間幅を基に制御を行なう周波数制御手段と、周波数と再生信号に含まれるクロック成分の周波数が近傍まで引き込まれた後に、前記ループフィルタの制御範囲をモニタし、該位相制御信号が位相同期制御不能領域に達する前に、正常動作範囲に戻るようにクロック周波数のアップ・ダウン制御を行なう位相同期維持手段と、前記周波数制御手段の出力信号及び前記位相同期維持手段の出力信号を基に、前記発振器を制御するための発振器制御手段とを備えるようにしたので、再生信号を標本化の際の非同期なクロックの周波数を、常に、デジタル位相同期ループの制御可能範

囲内に維持できることになる。したがって、位相同期制御時に不連続点が生じることなく、安定したデジタル記録データ再生が可能となるだけでなく、周波数制御と位相制御を分離して考えることが可能となるため、発振器の制御手段も単純な構成で実現できる効果がある。

【0142】また、本願の請求項18に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項17記載のデジタル記録データ再生装置において、前記発振器制御手段は、前記位相同期維持手段によるアップ・ダウン制御時に、該制御信号を変調するデルタ・シグマ変調器と、該出力信号を平滑化する低域通過型フィルタとを備え、該出力信号により前記発振器を制御するようにしたので、再生信号の標本化に用いる非同期なクロックの周波数を、デジタル位相同期ループの制御可能範囲内に維持する際に、発振器の最小周波数制御分解能が荒く、アップ・ダウン制御時に発振周波数が大きく変動する場合においては、位相同期ループに乱れが生ずる危険性があつたものが、このように時間方向に変調をかけて発振器の発振周波数を本来の分解能よりも細かく制御することにより、アップ・ダウン時に乱れることなく連続再生が可能となるため、再生品質が向上する効果がある。

【0143】また、本願の請求項19に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項18記載のデジタル記録データ再生装置において、前記低域通過型フィルタのカットオフ周波数を、デジタル記録データの再生速度に応じて切替えるカットオフ周波数可変手段をさらに備えるようにしたので、デジタル記録データを再生する際に、複数の再生速度を補償しなければならない場合や、ディスク媒体における内外周差、及び記録媒体の種類が異なるため広範囲の周波数制御帯域を有する場合において、それぞれの再生速度に適した応答特性を実現できるため、再生速度が大きく変化する条件下においても再生特性を維持できる、という効果がある。

【0144】また、本願の請求項20に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項11、12または17のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記標本化された信号が有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段と、該検出されたオフセット成分を平滑化する平滑化手段と、該平滑化された信号を前記標本化された信号より減算する減算手段とを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる効果がある。

【0145】また、本願の請求項21に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段

と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうとともに、前記オフセット補正手段は前記高次補間フィルタの出力を参照してオフセット補正を行うようにしたので、再生信号の符号の極性のみでオフセット補正を施すよりも、精度の良いオフセット検出できるため、オフセット補正後の制御雑音の低減がなされるとともに、フィードバックゲインをより大きく設定することが可能となる。それにより高い周波数成分を有するレベル変動にも追従できるため、ディフェクト等の異常条件下での再生時にもプレイビリティの向上が図れる効果がある。

【0146】また、本願の請求項22に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項21記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記高次補間フィルタの出力信号がゼロクロスする位置の標本化信号については、その振幅方向の成分を出力するゼロクロス振幅出力手段と、ゼロクロス位置でない標本化信号に関しては、該信号の符号の極性に応じて一定量の極性が異なる値を出力する極性値出力手段と、前記ゼロクロス振幅出力手段の出力信号及び前記極性値出力手段の出力信号を平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタと、該出力信号を前記アナログ・デジタルコンバータの出力信号から直接減算することにより、オフセット除去を施すオフセット除去手段とを備えるようにしたので、異なる記録媒体を再生する場合においても、それら記録媒体に応じたオフセット補正が可能となる効果がある。

【0147】また、本願の請求項23に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項22記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記極性値出力手段の出力値を可変

し、前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値との比率を調整する極性値出力可変手段を備えるようにしたので、再生信号の精度よりもレベル変動への追従性が必要となるシーク時には、符号の極性を主として制御を行ない、再生信号の精度が必要である連続データの再生時には、ゼロクロス振幅を主として制御を行なうという、状況に応じて最適なオフセット補正が可能となり、また、制御の収束性にも関わってくるため、シーク後の高速な位相同期引き込みが可能となる効果がある。

【0148】また、本願の請求項24に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項22記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、シーク時には、前記極性値出力手段の出力値を前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値に比べて大きくし、連続データ再生時には、前記極性値出力手段の出力値を前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値に比べて小さくすることにより、デジタル記録データ再生装置の動作状況に応じて出力値を切り替える出力値切替手段を備えるようにしたので、疑似位相同期の発生を回避するとともに、特定条件下において疑似位相同期が発生した場合にも、早期に自己修復することが可能となり、プレイアビリティの向上が図れる効果がある。

【0149】また、本願の請求項25に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項22記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、一定の時間をカウントするカウンタと、前記カウンタから出力されるフラグ間の前記極性値出力手段の出力値と前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値を累積加算する累積加算手段と、該出力信号を前記カウンタから出力されるフラグのタイミングで、累積加算手段の出力をモニタし、疑似位相同期状態であると判断された場合は、前記極性値出力手段の比率を高くした制御に切替え、正常位相同期状態に復帰させる累積加算結果モニタ手段とを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる効果がある。

【0150】また、本願の請求項26に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項11、12、17、21のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記トランスバースルフィルタは、前記初段の遅延素子に前記振幅調整がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入

力に inputs する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現するようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、パーシャルレスポンス等化を行う構成を実現できる効果がある。

【0151】また、本願の請求項27に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項11、17、21のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、初段の遅延素子に前記パーシャルレスポンス等化がなされた信号が入力され、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入力に inputs する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現するようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる効果がある。

【0152】また、本願の請求項28に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項27記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、ナイキスト特性に基づき補間を行うようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる効果がある。

【0153】また、本願の請求項29に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項27記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、前記乗算器に対応して設けられ、ナイキスト特性のチャネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を格納するレジスタと、前記レジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記レジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセレクタとを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる効果がある。

【0154】また、本願の請求項30に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項11、17、21のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、最小二乗平均アルゴリズムにより前記トランスバーサルフィルタの重み係数を決定するようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる効果がある。

【0155】また、本願の請求項31に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項30記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、前記高次補間フィルタの出力信号に基づきパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、該相関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタップ係数を更新するタップ係数更新部とを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの向上につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる効果がある。

【0156】また、本願の請求項32に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項15記載のデジタル記録データ再生装置において、前記周波数誤差検出器は、前記高次補間フィルタの出力信号がゼロレベルとクロスする間隔を検出するゼロクロス長検出器と、隣接するゼロクロス長の比率に基づきこれが所定の同期パターン長と一致しているか否かを検出し、前記記録媒体の再生速度を反映した第1の周期情報を得る同期パターン長検出器と、前記同期パターンが検出されるまでの間隔を検出し、これと所定の期間とに基づく第2の同期情報を検出する同期パターン間隔検出器とを備えるようにしたので、ラフ制御から位相同期状態に移行した後に、安定した位相同期ループを実現でき、かつ制御不可能な状態に陥るのを防止できるものにおいて、周波数誤差を検出する構成を実現できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1によるデジタル記録データ再生装置の構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1におけるオフセット補正手段4の構成を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1においてトランスバーサルフィルタ6で実現する、PR(3, 4, 4, 3)等化方式と、一般的な、2値化判別方式の違いについての説明図である。

【図4】実施の形態1においてトランスバーサルフィルタ6で実現する、各種パーシャルレスポンス方式の周波数特性を示す図である。

10 【図5】実施の形態1における高次補間フィルタ7のフィルタ係数設定に関するナイキスト特性の説明図である。

【図6】実施の形態1における高次補間フィルタ7の構成を示すブロック図である。

【図7】実施の形態1におけるタップ重み係数制御手段8の構成を示すブロック図である。

【図8】実施の形態1における最尤復号器12の一つであるビタビ復号器の原理の説明図である。

20 【図9】実施の形態1における周波数誤差検出器13の構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の実施の形態2によるデジタル記録データ再生装置の構成を示すブロック図である。

【図11】実施の形態2における位相補間型タップ重み係数制御手段33の構成を示すブロック図である。

【図12】実施の形態2における周波数制御、位相同期制御、及びLMS適応自動等化制御の制御方法を示すフローチャートを示す図である。

【図13】本発明の実施の形態3によるデジタル記録データ再生装置の構成を示すブロック図である。

30 【図14】実施の形態3における位相同期維持手段38とVCO制御手段39の動作原理の説明図である。

【図15】実施の形態3におけるVCO制御手段39の構成を示すブロック図、及び動作原理の説明図である。

【図16】実施の形態3におけるVCO制御手段39の構成を示すブロック図、及び異なる再生速度に対する動作原理の説明図である。

【図17】本発明の実施の形態4によるデジタル記録データ再生装置の構成を示すブロック図である。

40 【図18】実施の形態4におけるオフセット補正手段4の構成を示すブロック図である。

【図19】実施の形態4におけるオフセット補正手段4の動作原理の説明図である。

【図20】実施の形態4におけるオフセット補正手段4の構成を示すブロック図である。

【図21】実施の形態4におけるオフセット補正手段4の構成を示すブロック図である。

【図22】実施の形態4におけるオフセット補正手段4の構成を示すブロック図である。

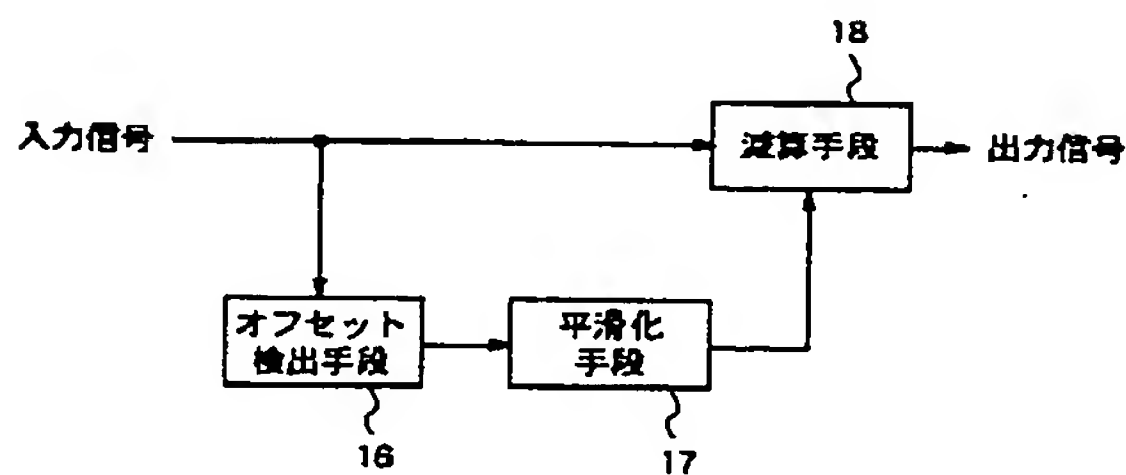
50 【図23】従来の光ディスク再生装置の構成を示すブロック図である。

【図 2 4】従来の光ディスク再生装置の記録データ及び各機能ブロックでの出力信号波形を示す図である。

【符号の説明】

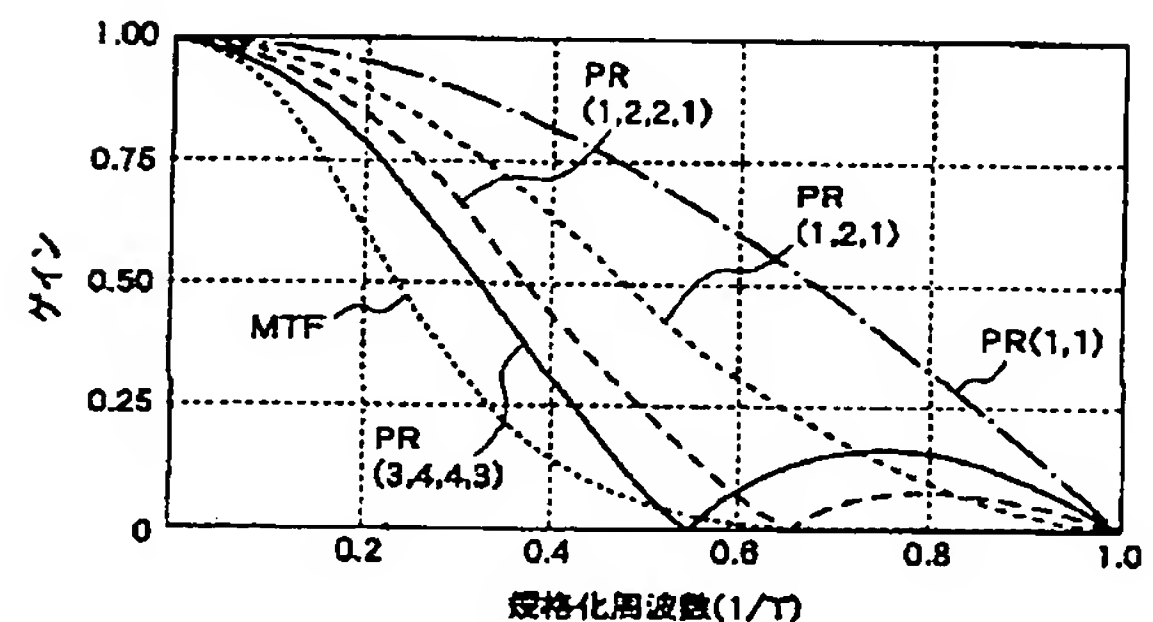
- 1 プリアンプ
- 2 波形等化手段
- 3 アナログ・デジタルコンバータ
- 4 オフセット補正手段
- 5 オートゲインコントロール
- 6 トランスバーサルフィルタ
- 7 高次補間フィルタ
- 8 タップ重み係数制御手段
- 9 位相比較器
- 10 ループフィルタ
- 11 デジタル位相同期ループ
- 12 最尤復号器
- 13 周波数誤差検出器
- 14 周波数制御用ループフィルタ
- 15 発振器
- 16 オフセット検出手段
- 17 平滑化手段
- 18 減算手段
- 19 a, 19 b, 19 c, 19 d, 19 e, 19 f 遅延素子
- 20 a, 20 b, 20 c, 20 d, 20 e, 20 f, 20 g 乗算素子
- 21 加算手段
- 22 a, 22 b, 22 c, 22 d, 22 e, 22 f, 22 g レジスタ
- 23 a, 23 b, 23 c, 23 d, 23 e, 23 f, 23 g セレクタ
- 24 仮判定回路
- 25 等化誤差検出器
- 26 相関器
- 27 フィードバックゲイン調整器

【図 2】

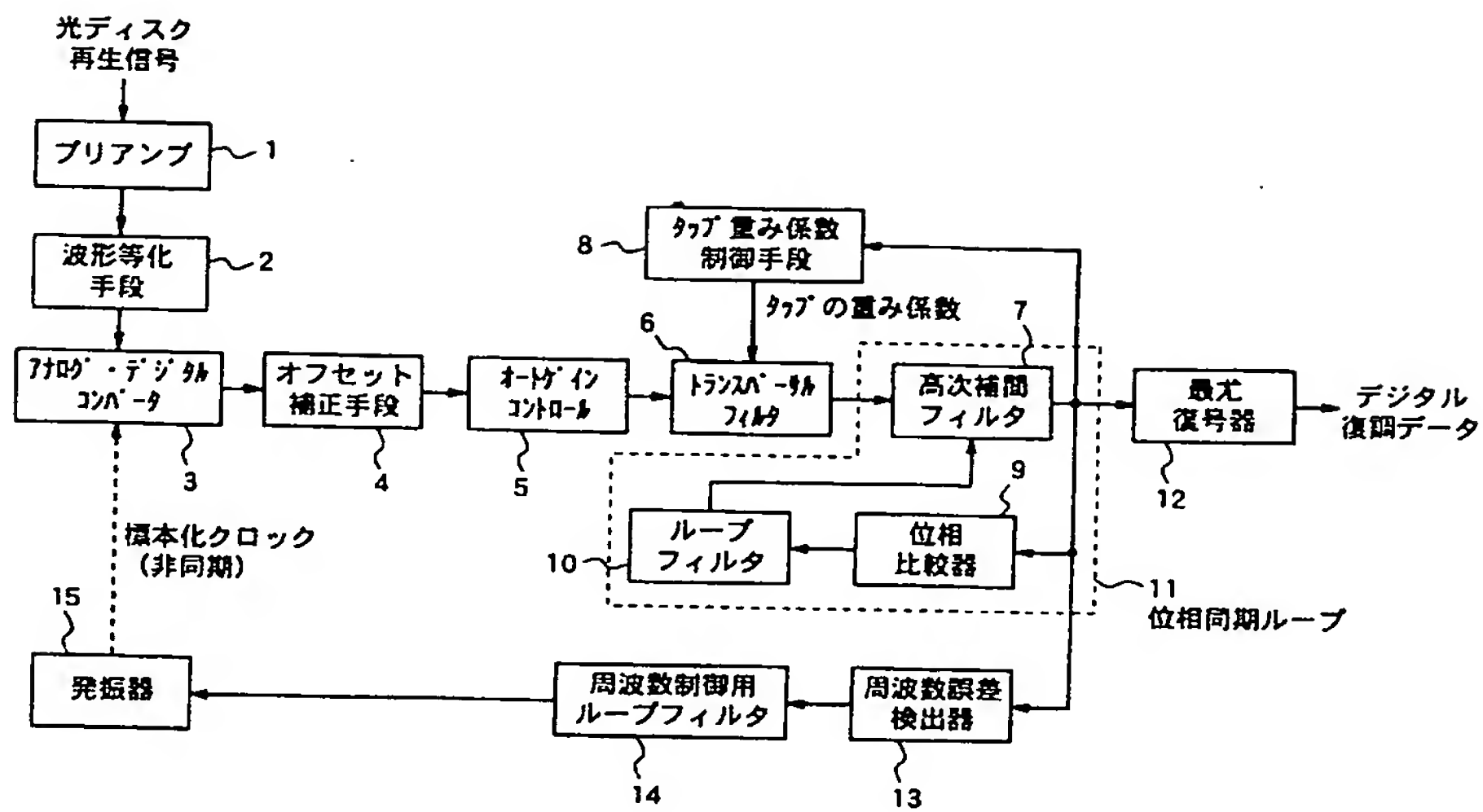


- 28 タップ係数更新部
- 29 ゼロクロス長検出器
- 30 フレームカウンタ
- 31 同期パターン長検出器
- 32 同期パターン間隔検出器
- 33 位相補間型タップ重み係数制御手段
- 34 タップ係数畳み込み手段
- 35 レジスタ
- 36 レジスタ値更新手段
- 10 37 周波数制御手段
- 38 位相同期維持手段
- 39 VCO制御手段
- 40 VCO
- 41 デルタ・シグマ変調器
- 42 a, 42 b デジタル・アナログコンバータ
- 43 低域通過型フィルタ
- 44 カットオフ周波数設定手段
- 45 ゼロクロス位置検出手段
- 46 ゼロクロス振幅出力手段
- 20 47 極性値出力手段
- 48 セレクタ
- 49 オフセット補正用ループフィルタ
- 50 ゲイン調整手段
- 51 モード制御手段
- 52 カウンタ
- 53 累積加算手段
- 54 疑似位相同期判定手段
- 55 光ディスク
- 56 再生手段
- 30 57 タップの重み係数設定手段
- 58 ビタビ復号器
- 59 ゼロクロス長検出器
- 60 位相制御用ループフィルタ

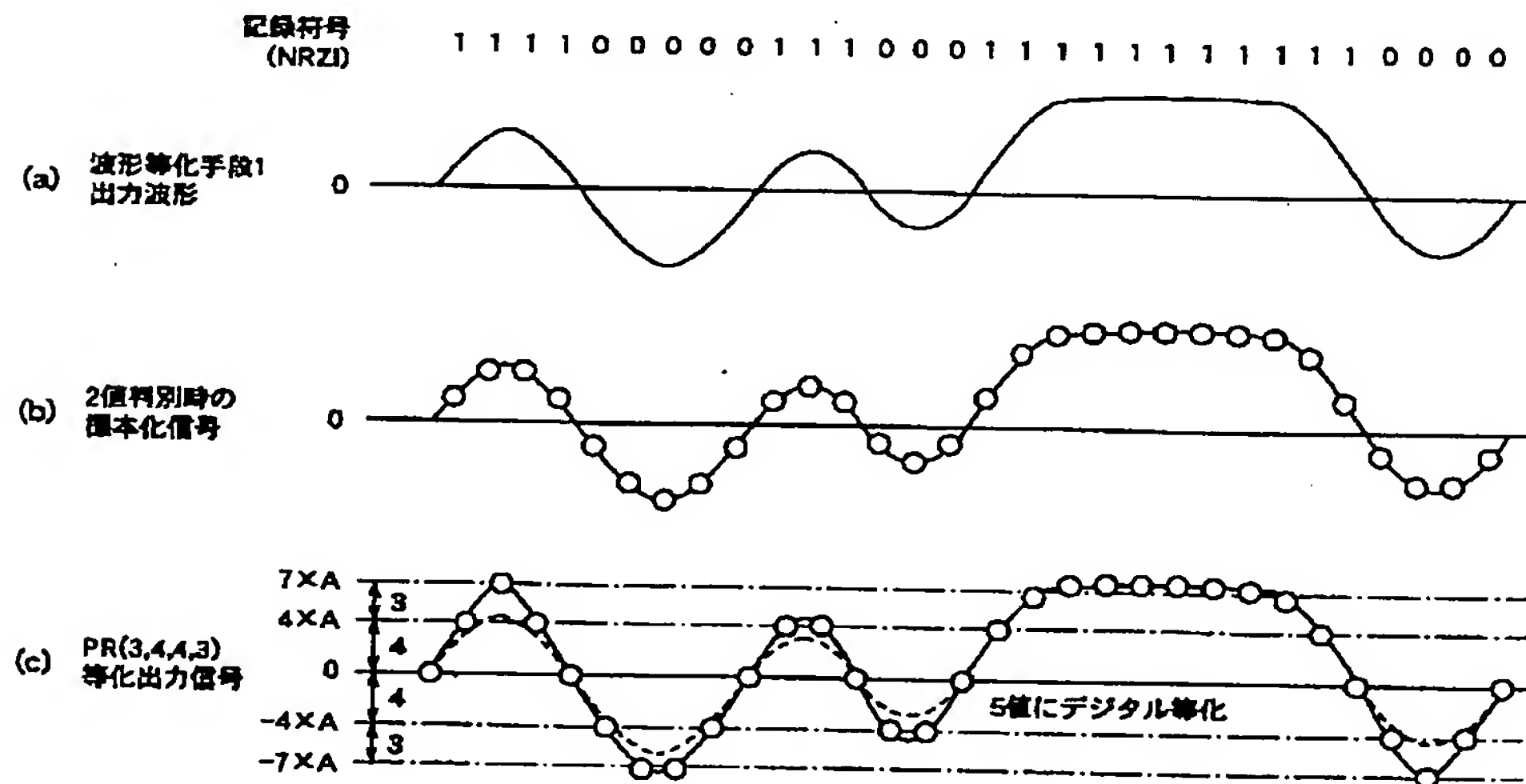
【図 4】



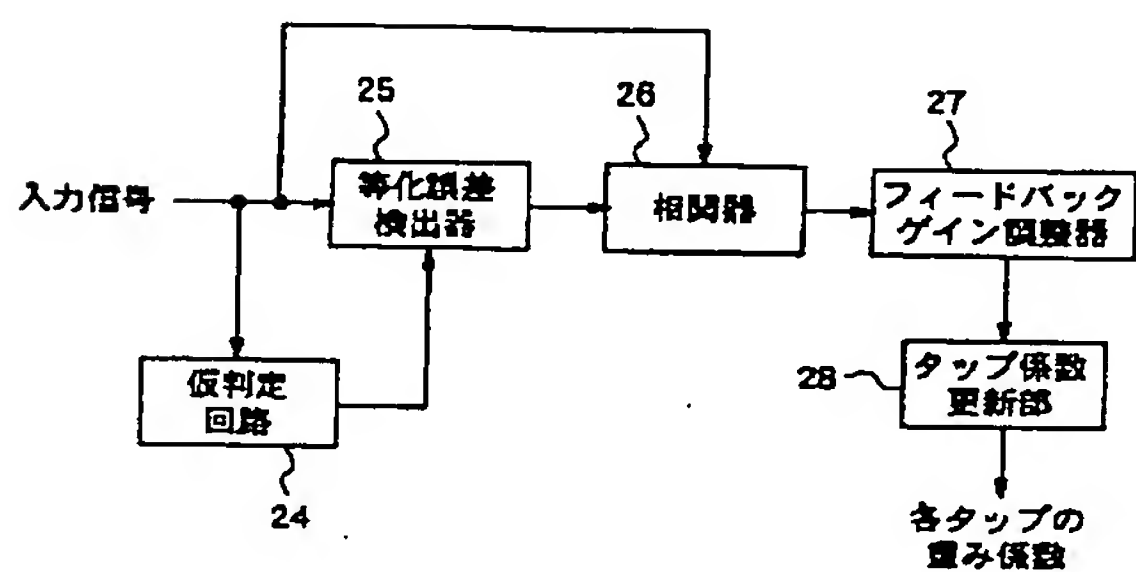
【図1】



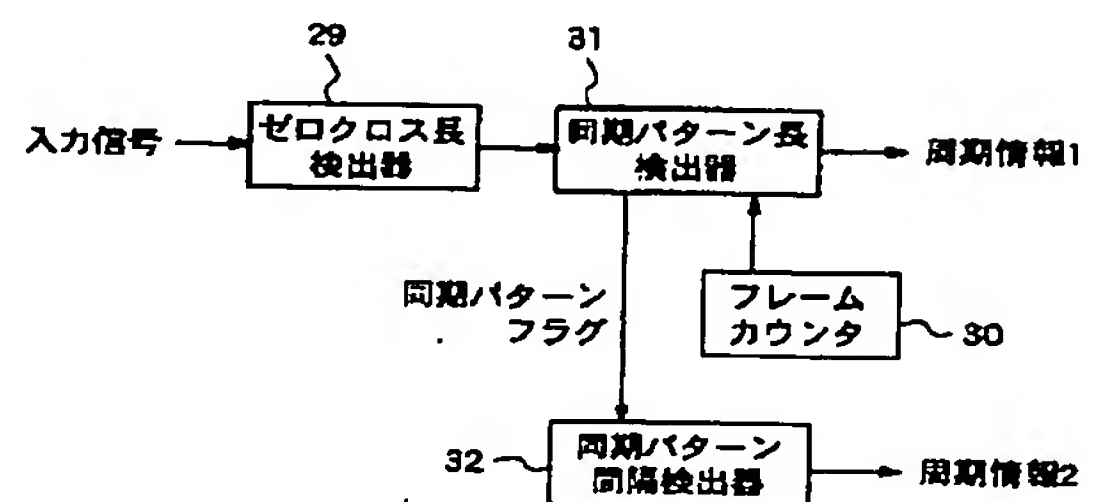
【図3】



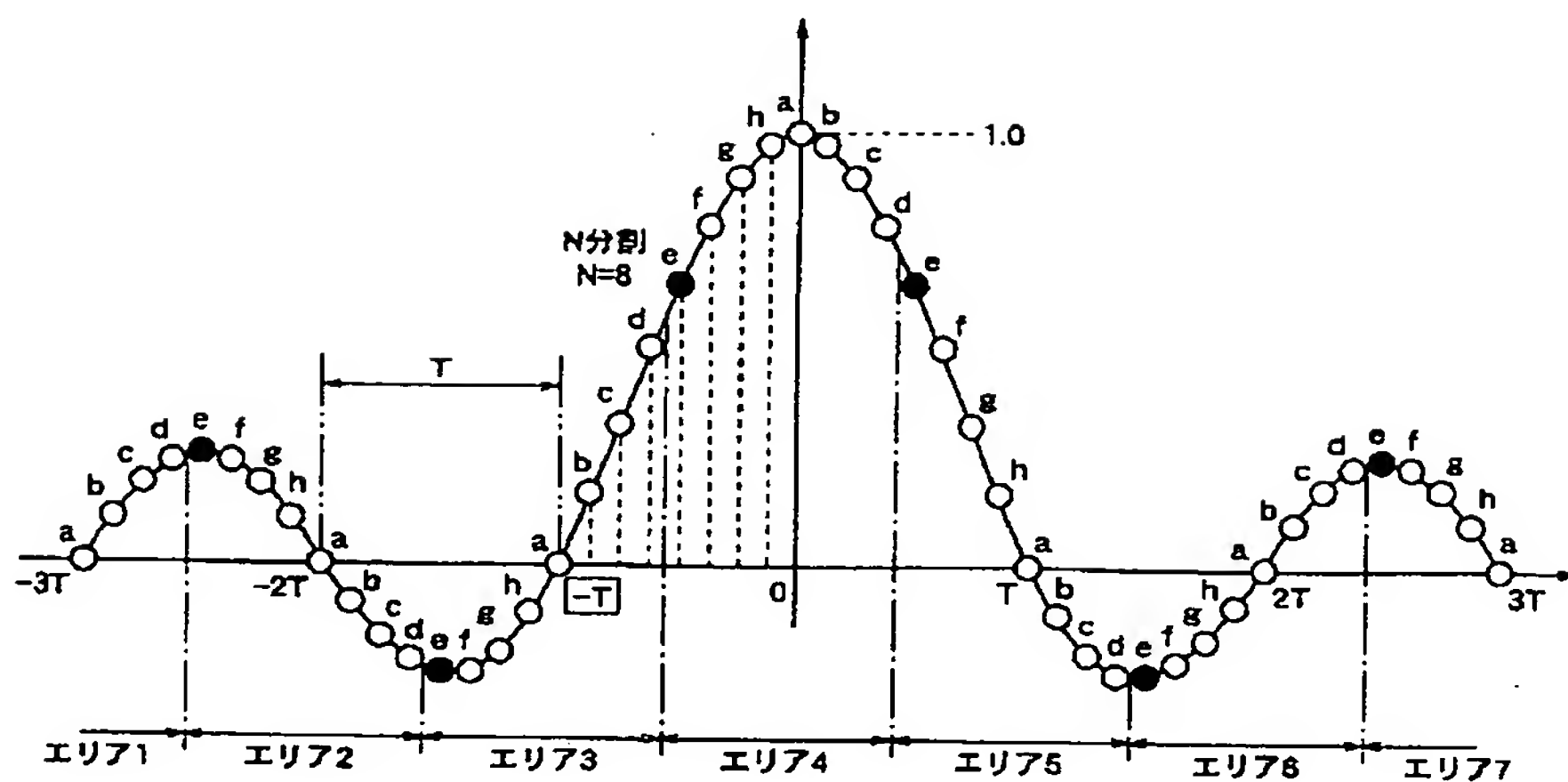
【図7】



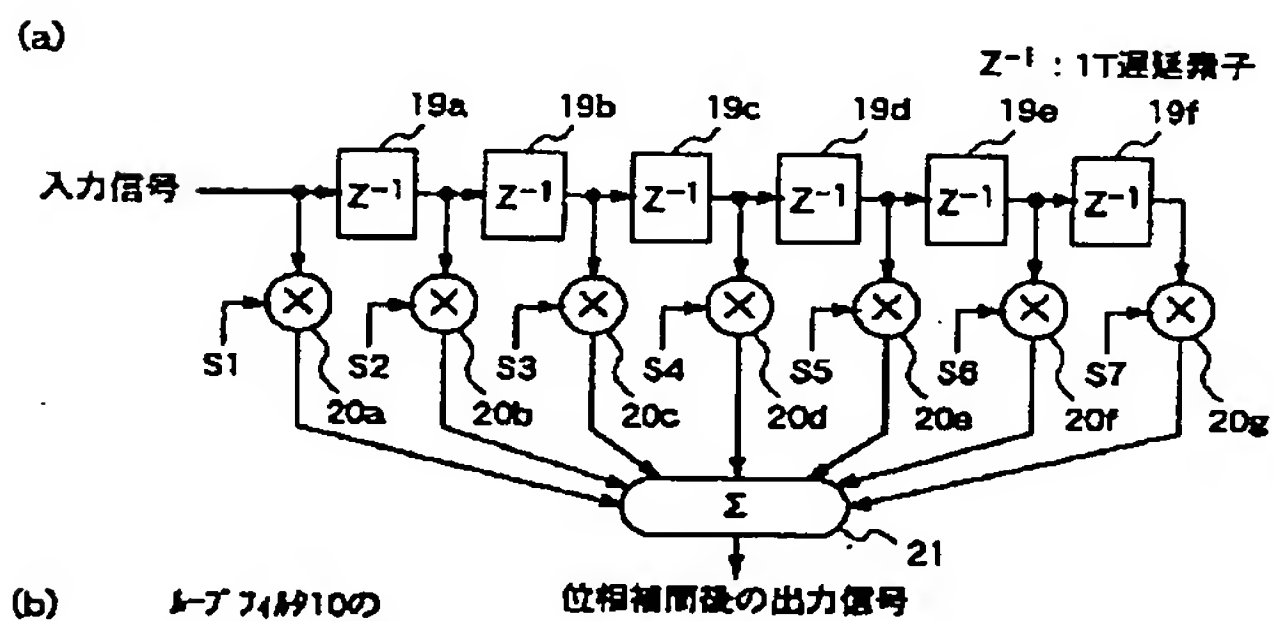
【図9】



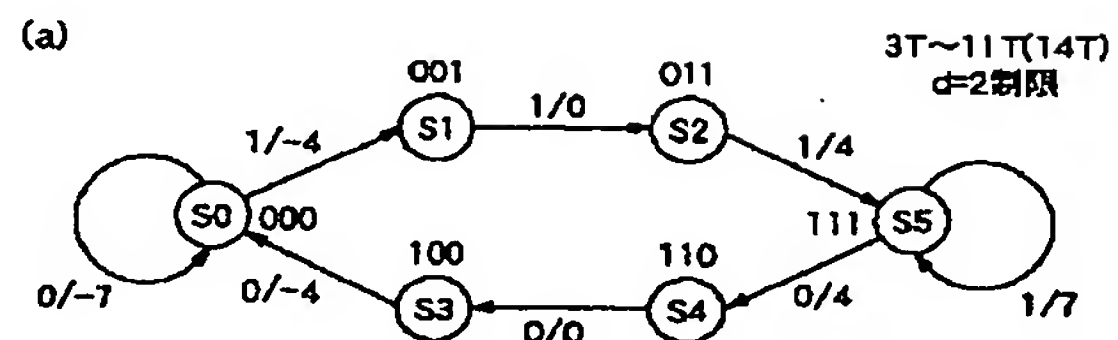
【图 5】



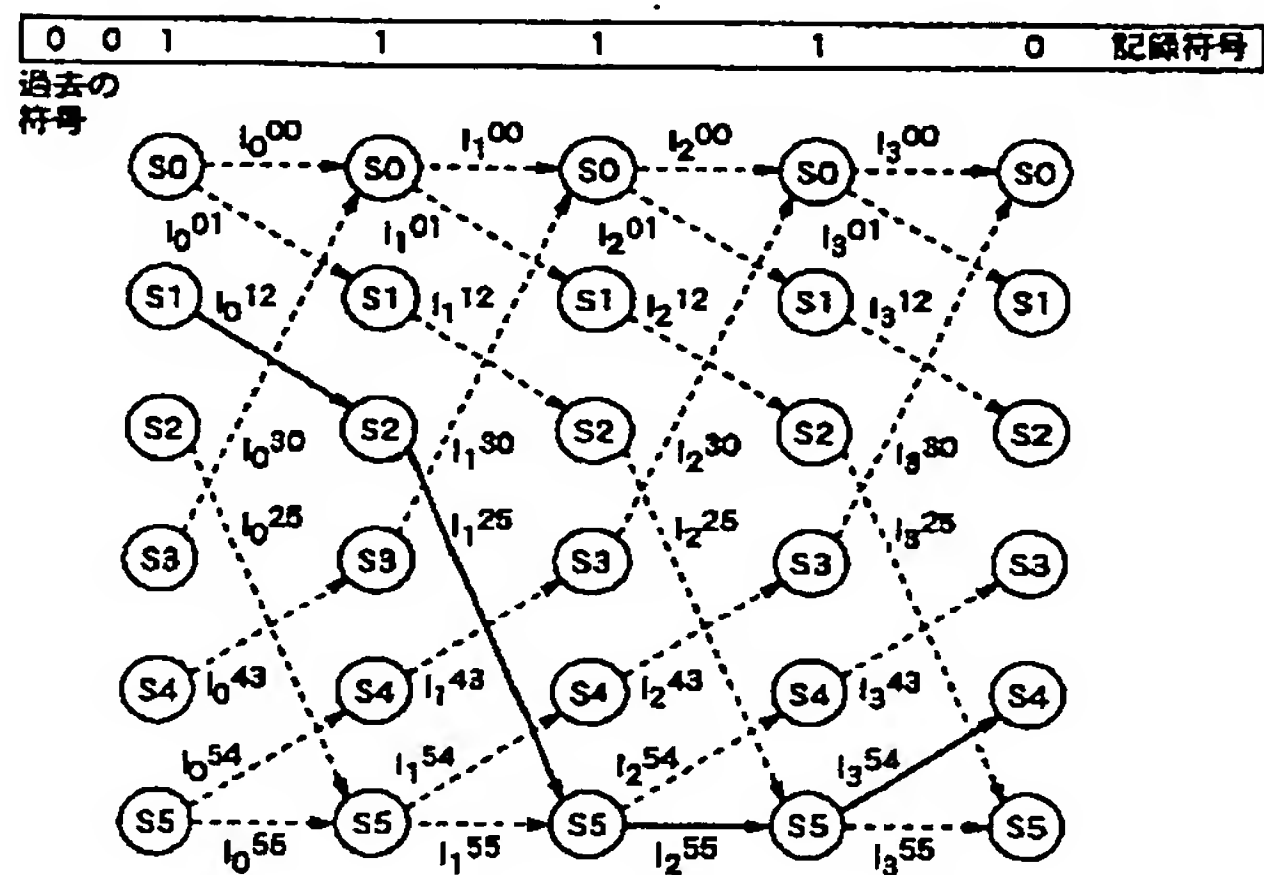
【图 6】



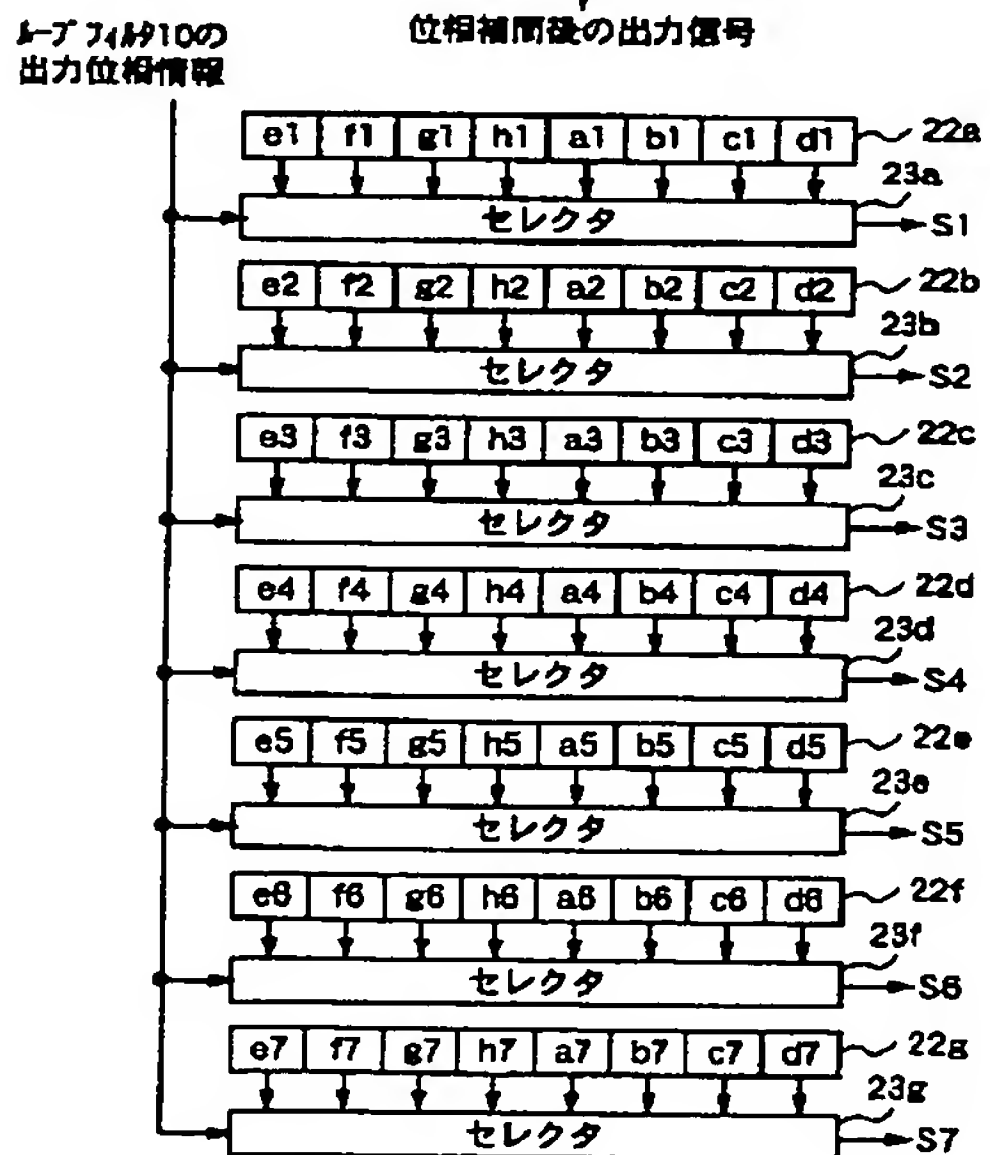
【图 8】



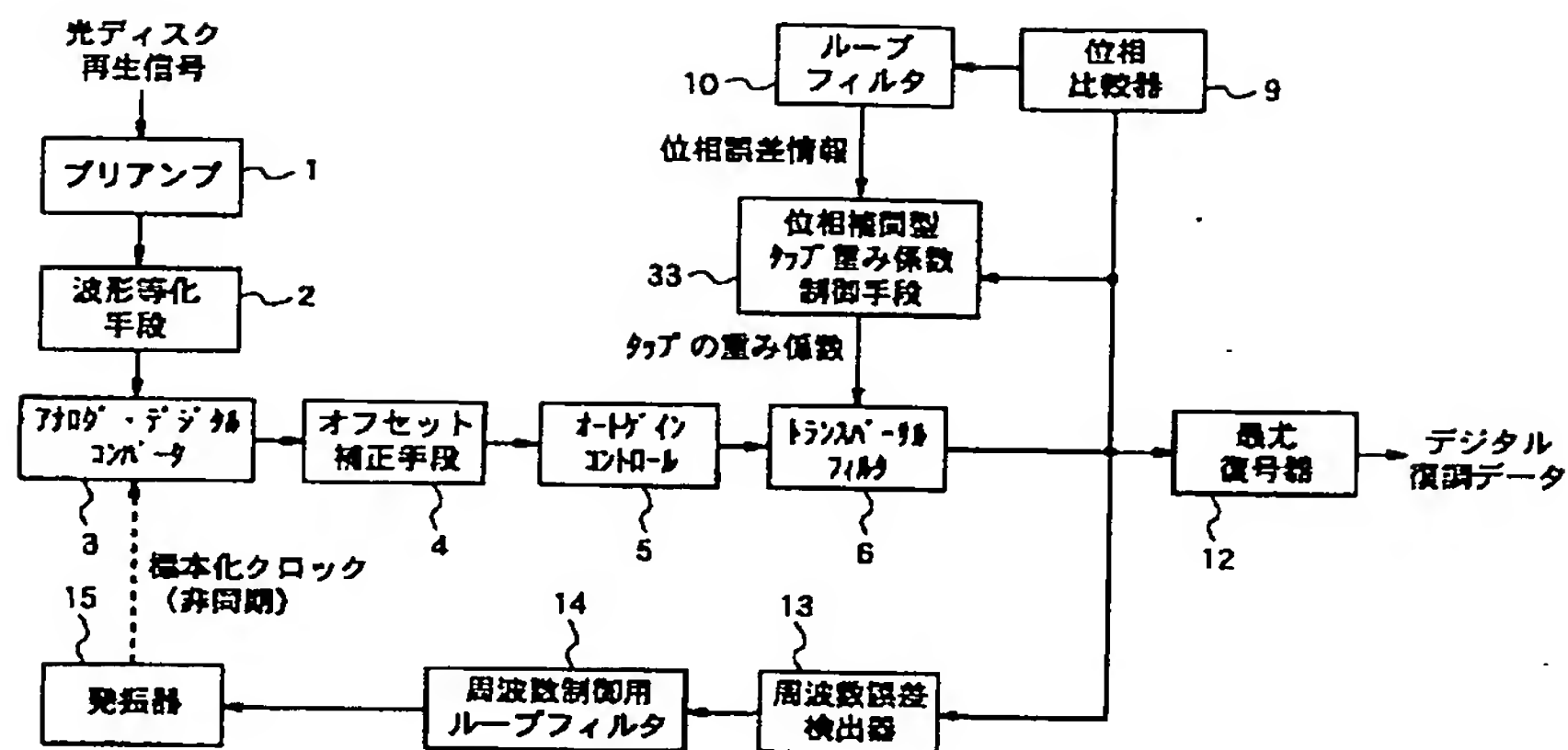
(b)



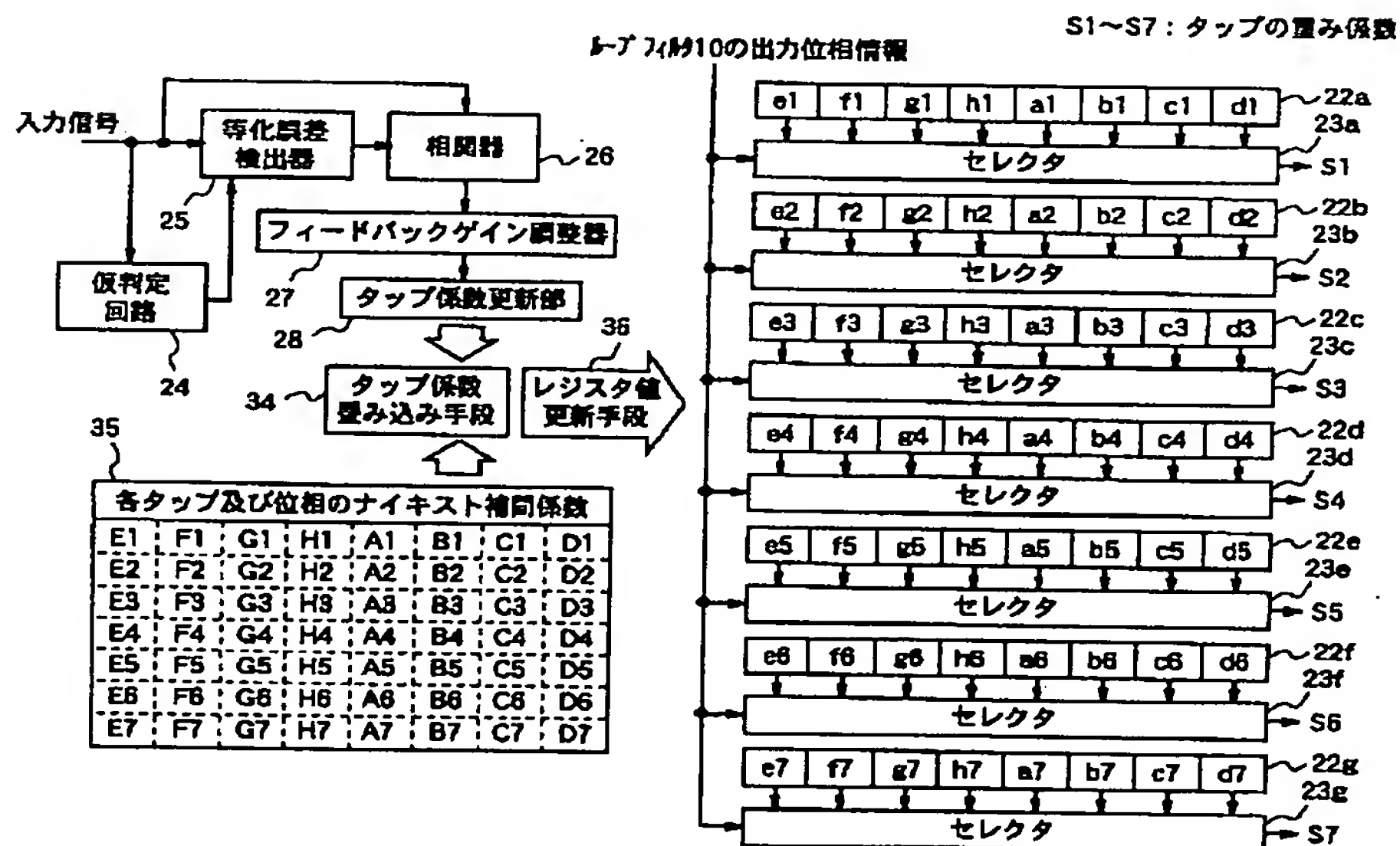
(b) プリアンプ出力の
出力位相情報



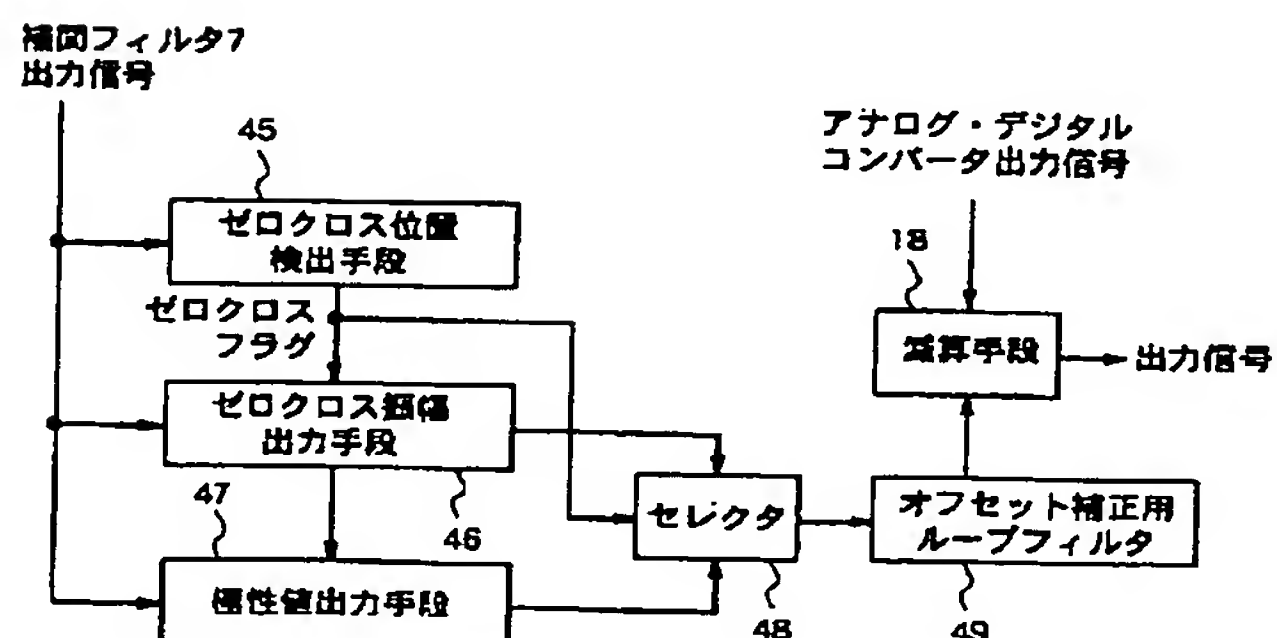
【図10】



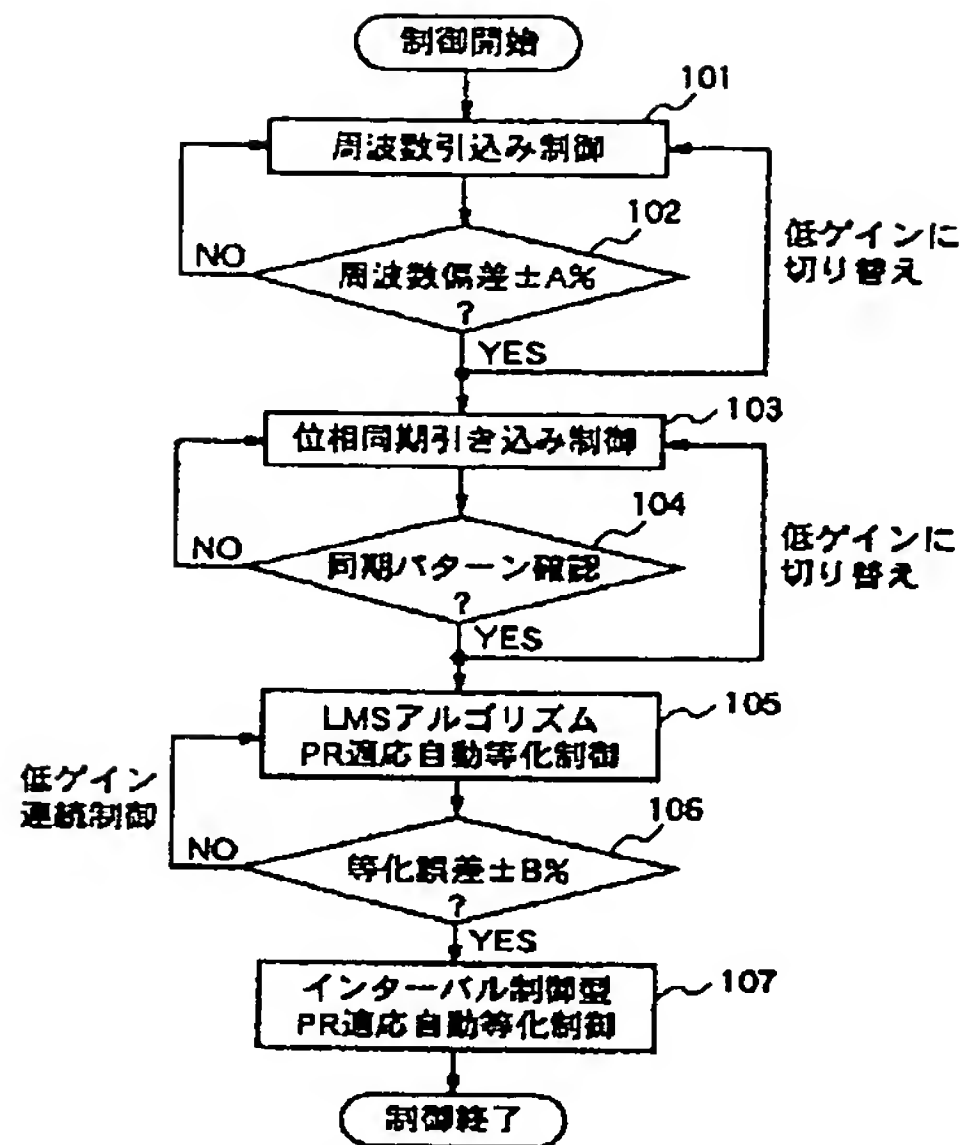
【図11】



【図18】

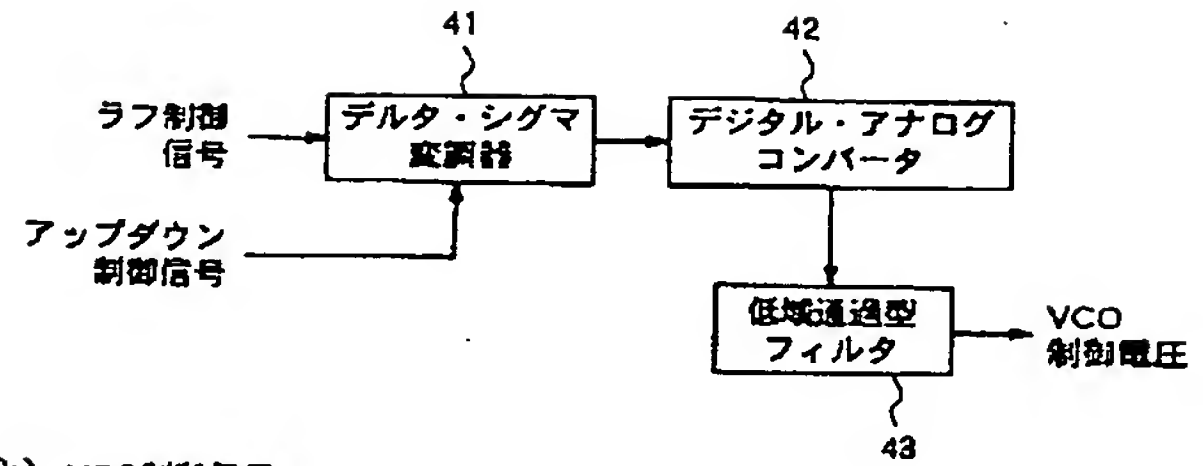


【図 12】

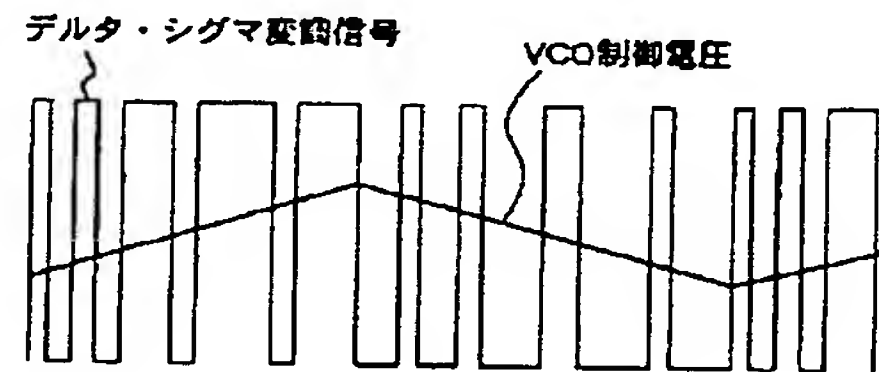


【図 15】

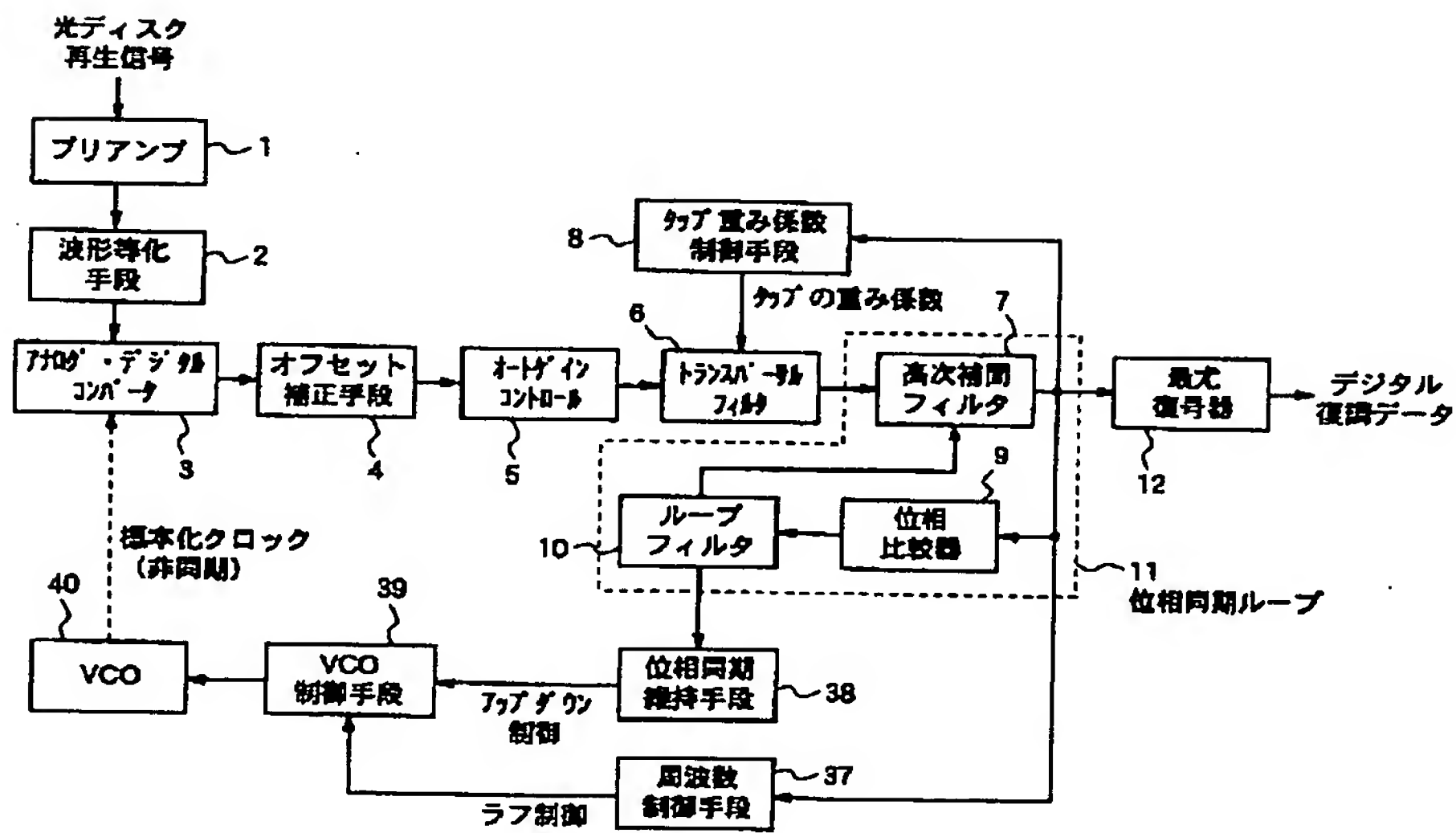
(a) VCO制御手段



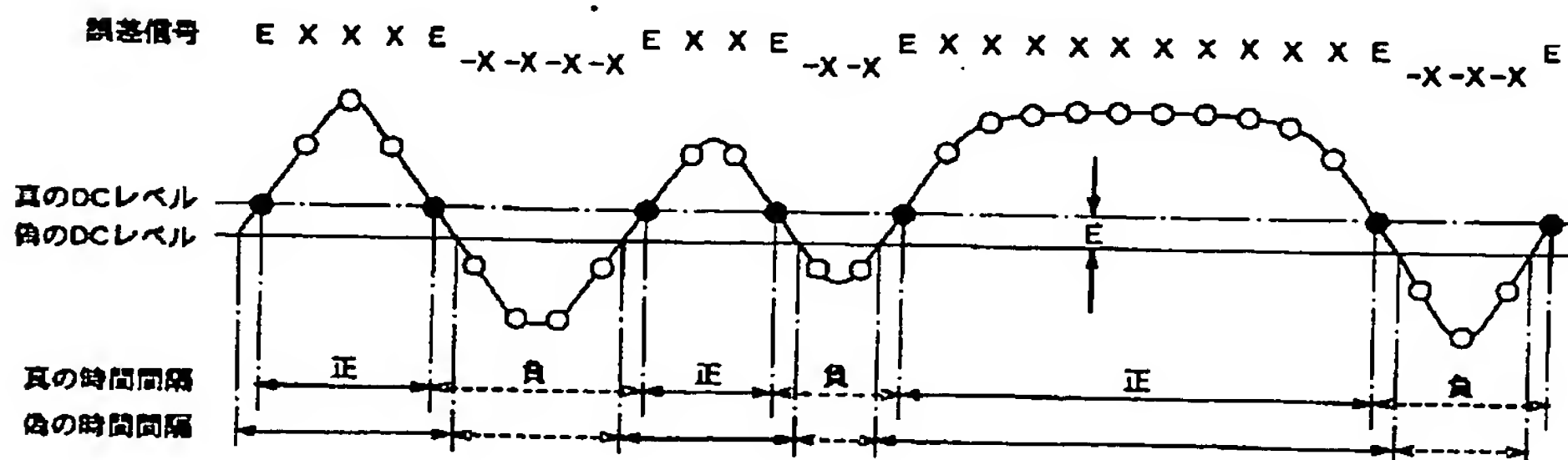
(b) VCO制御信号



【図 13】

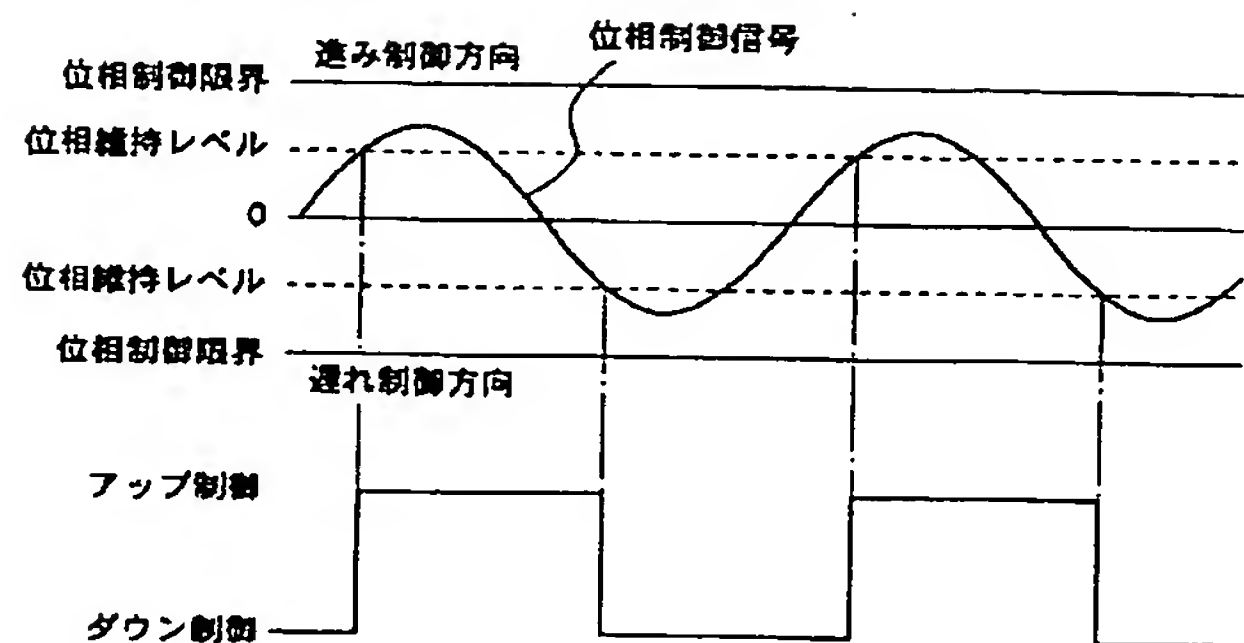


【図 19】

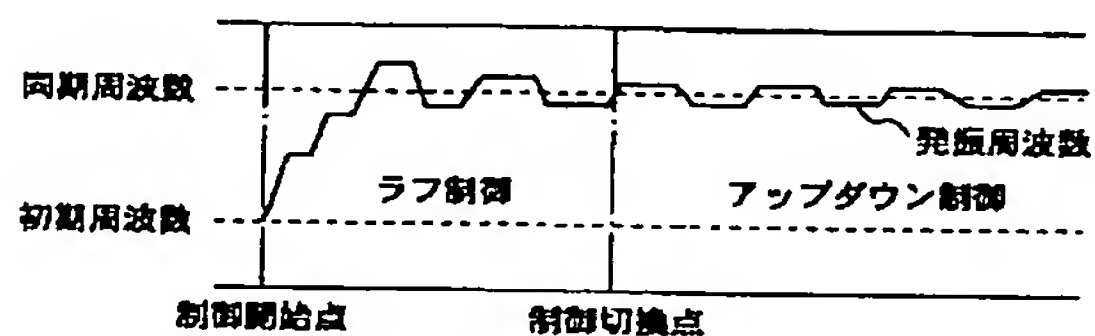


【図14】

(a) 位相同期維持手段

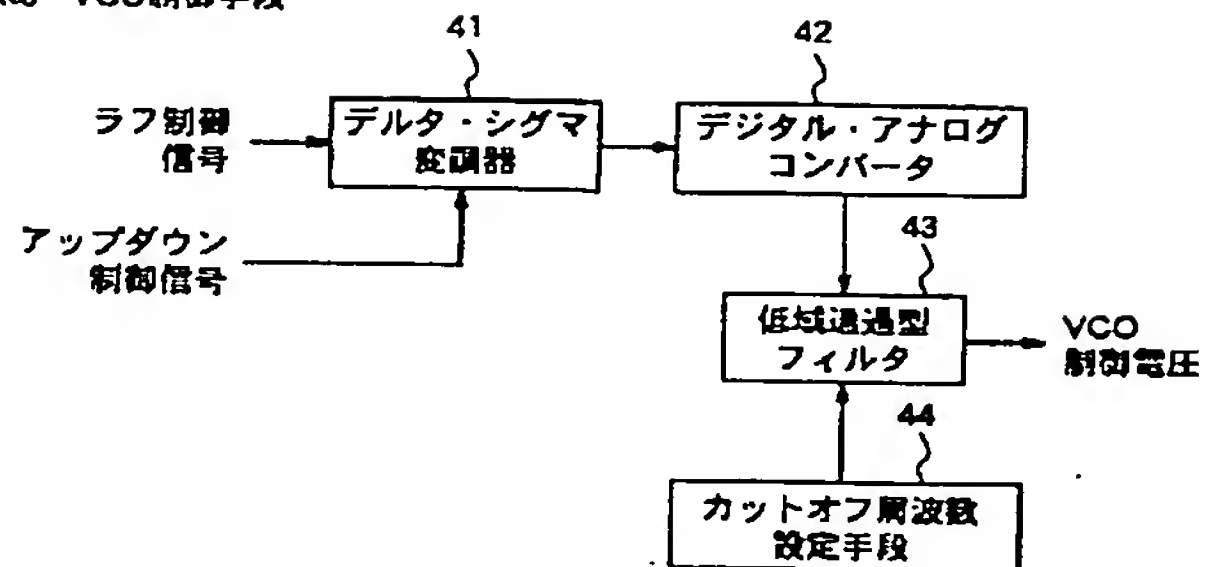


(b) VCO制御手段

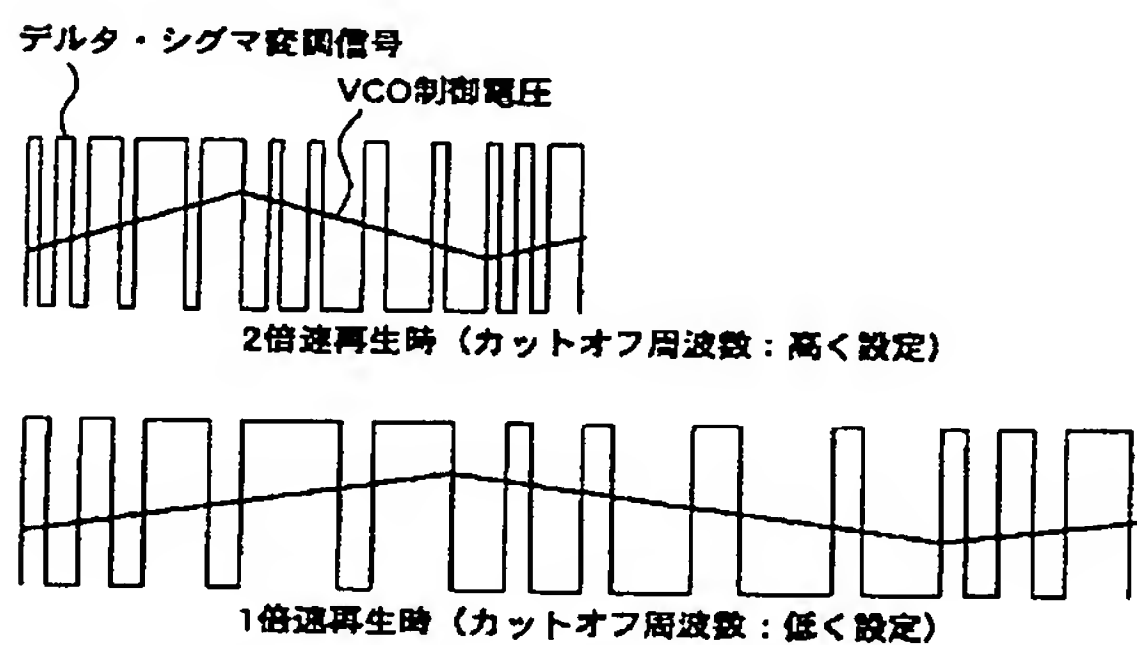


【図16】

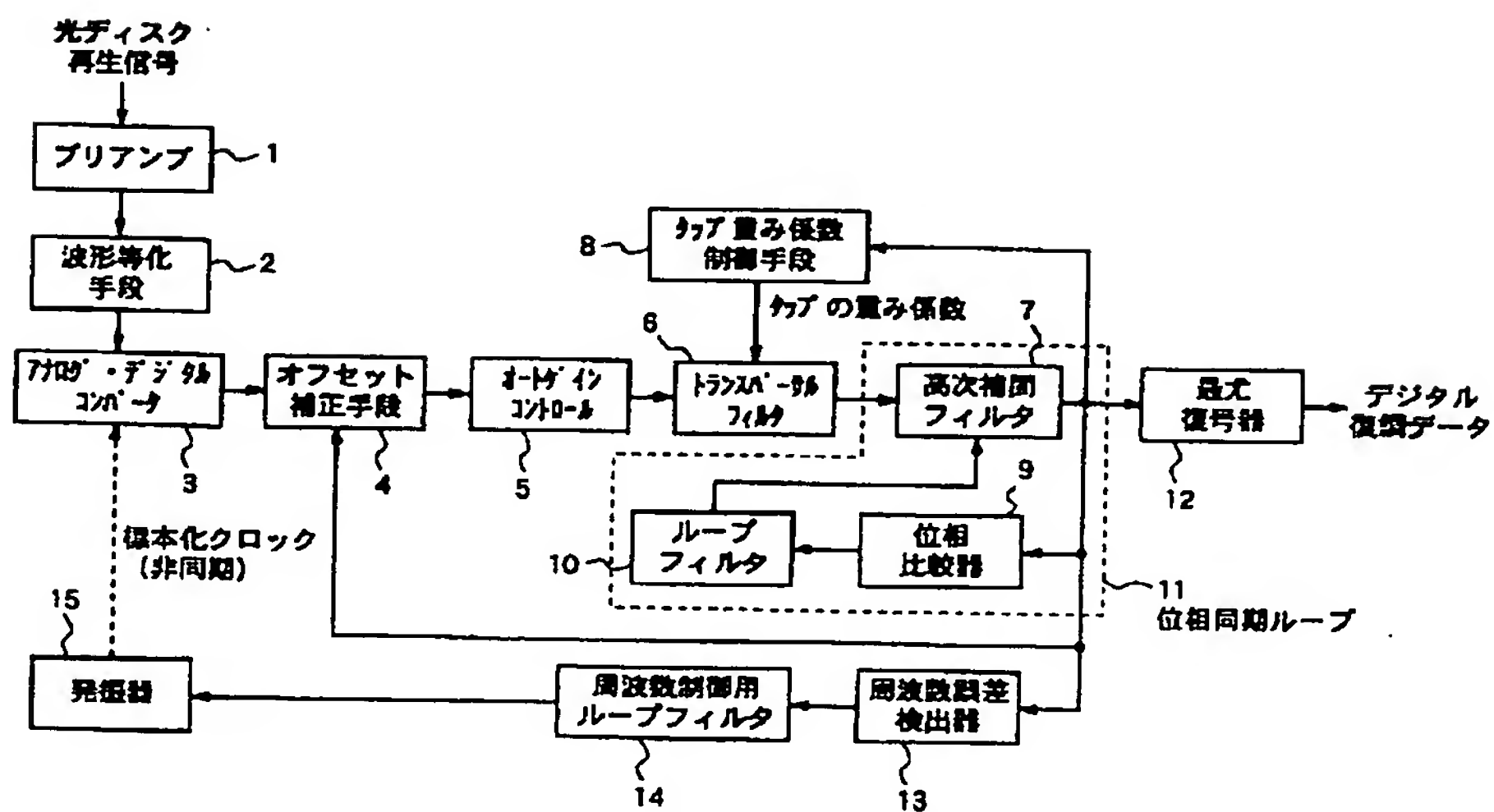
(a) VCO制御手段



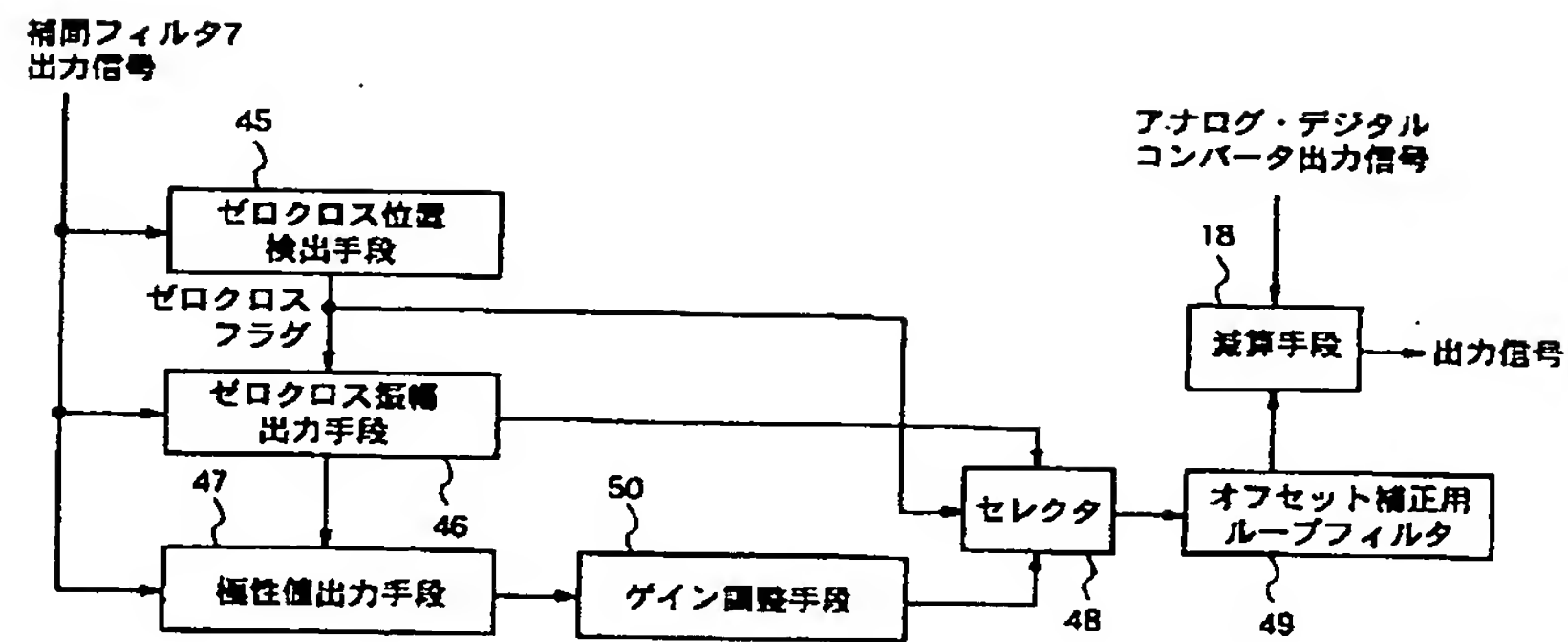
(b) VCO制御信号



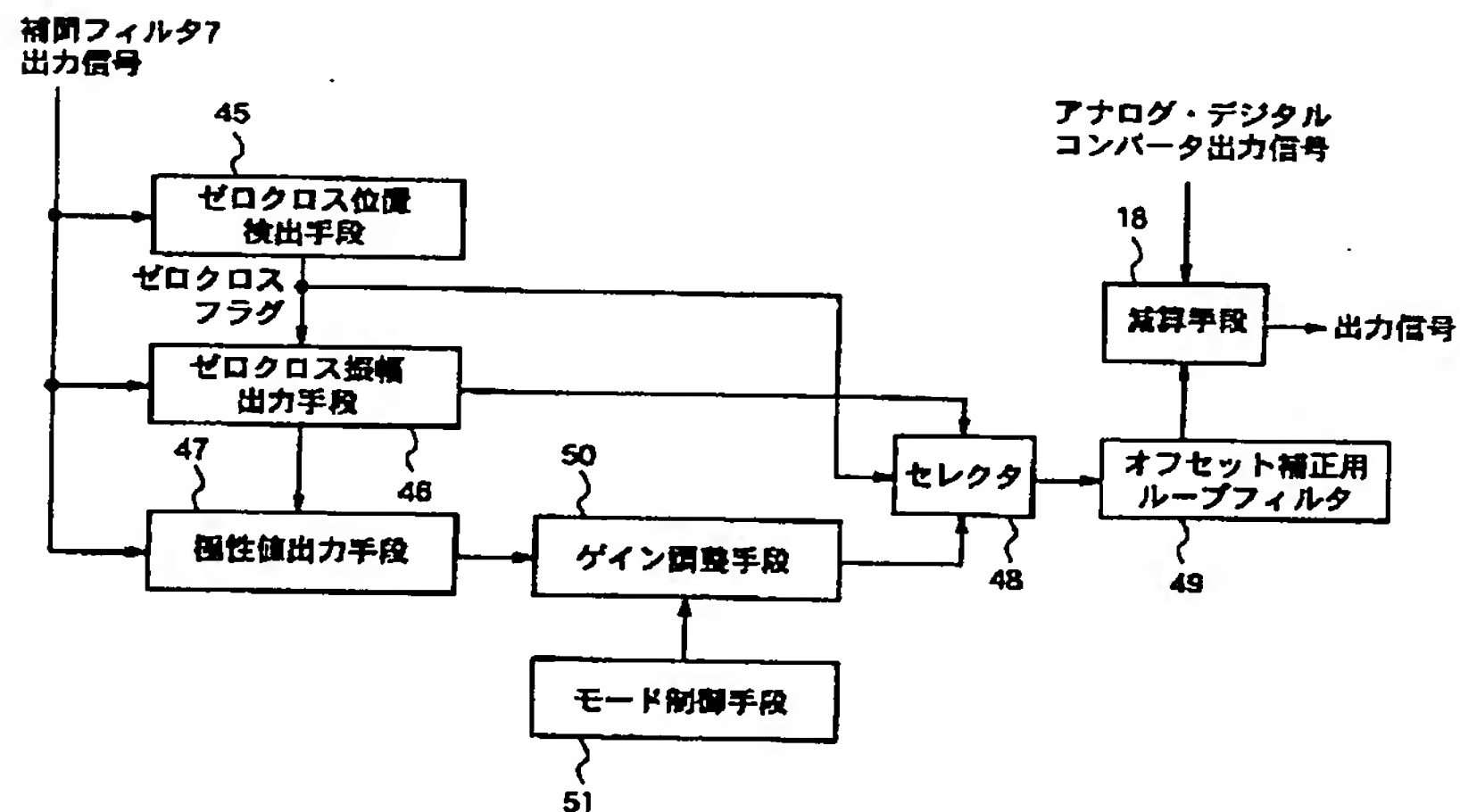
【図17】



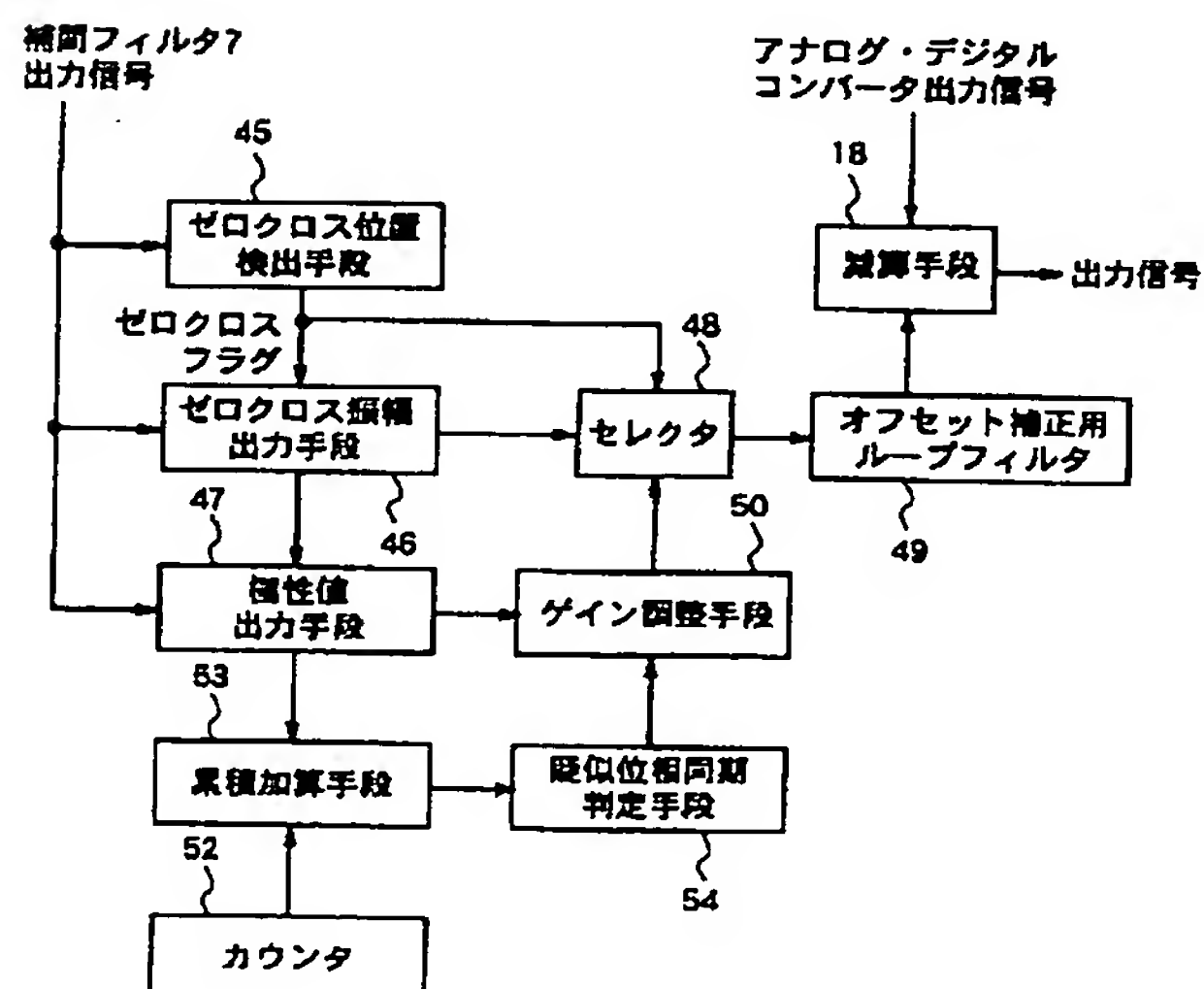
【図 20】



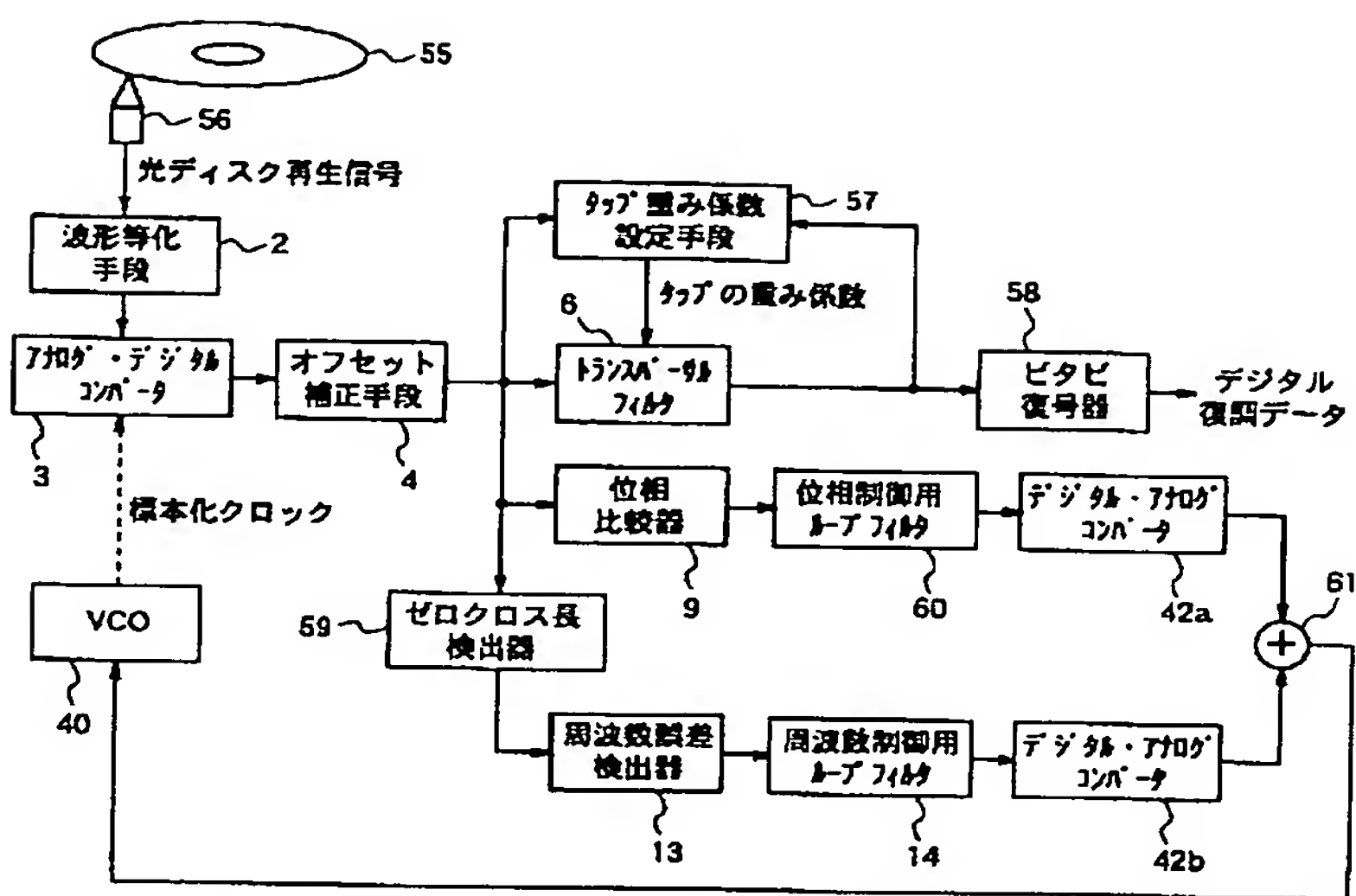
【図 21】



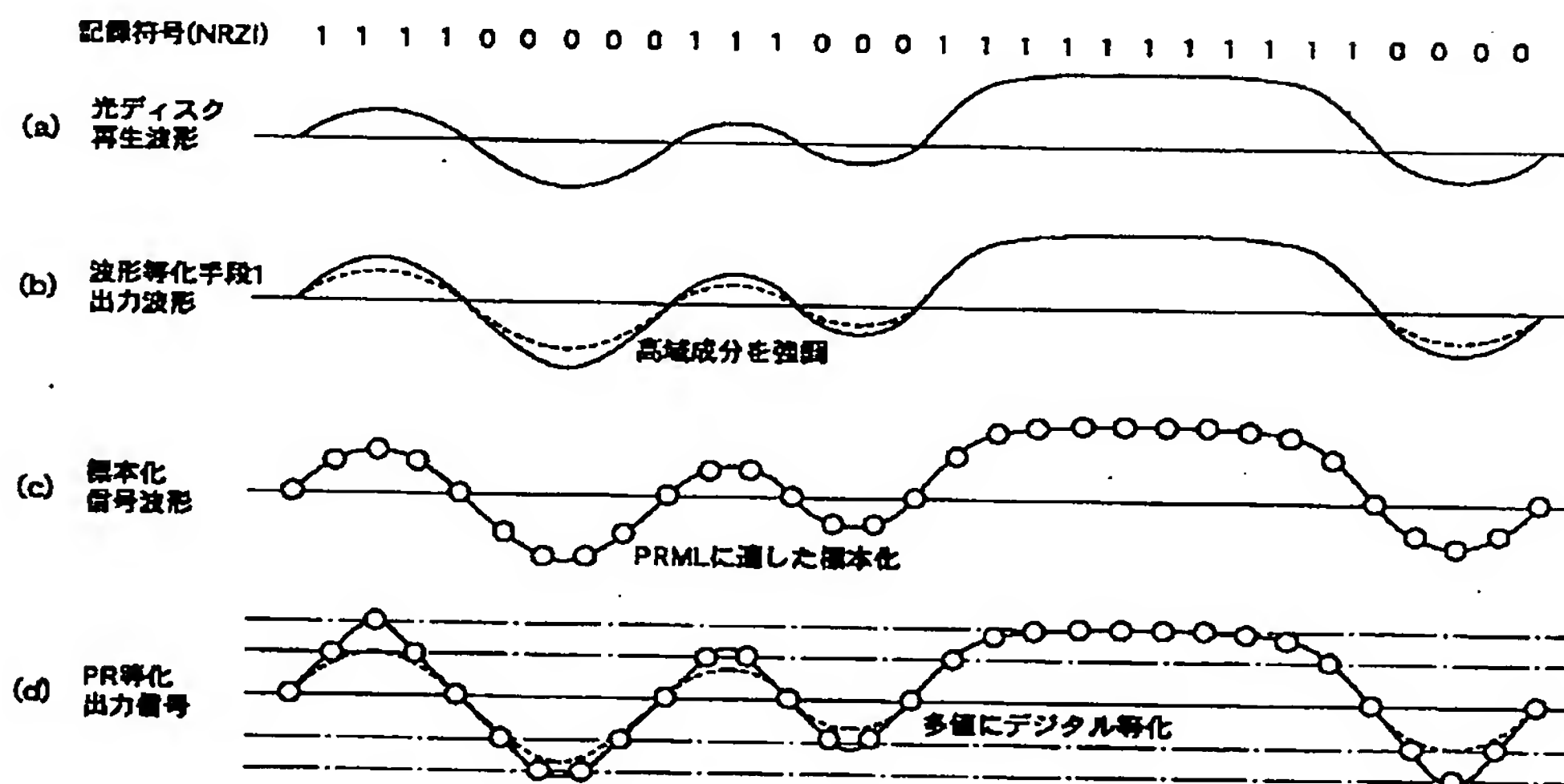
【図 22】



【図23】



【図24】



【手続補正書】

【提出日】平成13年2月6日(2001. 2. 6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録媒体に記録されたデジタルデータを再生するデジタル記録データ再生装置に関するものであり、特に、そのフェーズロックドーループ及びオフセット補正の改良を図ったものに関し、チルトによる再生波形の品質劣化、信号雑音比が悪い条件での再生、及びディフェクト等が頻繁に発生する等の

悪条件下において、再生デジタルデータ品質が改善されるだけでなく、プレイアビリティ、即ち再生可能性が向上する等の特徴を有するものに関する。なお、チルトは周知のごとく、光ディスクの信号面に立てた垂線とレーザ光線の光軸とのなす角度のずれのことであり、ディフェクトは光ディスクの信号面のひっかき傷や指紋の付着等の再生波形の擾乱要因のことである。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】本発明は、このような事情に鑑みてなされ

たもので、チルトによる特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化に最適で、かつ位相同期引き込み能力も高く、エラーレートの低下が可能、デジタル記録データ再生装置を提供することを目的とする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】また、本願の請求項 2 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、前記等化フィルタの出力信号に基づき位相誤差を検出する位相同期ループと、該等化フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するとともに前記位相同期ループの出力に基づき位相誤差をなくするようにフィルタ係数を制御するフィルタ係数制御手段と、前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるようにしたものである。これにより、正規のサンプリング位相での補間データに基づいて最尤復号を行うことが可能となり、再生信号のチルトによる波形劣化等に影響されない、パーシャルレスポンス最尤復号に適したデジタルデータ復調が可能になる。また、回路規模やコストの削減、低消費電力化や再生データのエラーレートの低下にも有効である、という作用を有する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】また、本願の請求項 11 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャ

ルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することにより、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえる、という作用を有する。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正内容】

【0034】また、本願の請求項 20 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 11、12 または 17 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記標本化された信号が有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段と、該検出されたオフセット成分を平滑化する平滑化手段と、該平滑化された信号を前記標本化された信号より減算する減算手段とを備えるようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正内容】

【0035】また、本願の請求項 21 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を

該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パーシャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうとともに、前記オフセット補正手段は前記高次補間フィルタの出力を参照してオフセット補正を行うようにしたものである。これにより、再生信号の符号の極性のみでオフセット補正を施すよりも、精度の良いオフセット検出ができるため、オフセット補正後の制御雑音の低減がなされるとともに、フィードバックゲインをより大きく設定することが可能となる。それにより高い周波数成分を有するレベル変動にも追従できるため、ディフェクト等の異常条件下での再生時にもプレイアビリティの向上が図れる、という作用を有する。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正内容】

【0039】また、本願の請求項 25 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 22 に記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、一定の時間をカウントするカウンタと、前記カウンタから出力されるフラグ間の前記極性値出力手段の出力値と前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値を累積加算する累積加算手段と、該出力信号を前記カウンタから出力されるフラグのタイミングで、累積加算手段の出力をモニタし、疑似位相同期状態であると判断された場合は、前記極性値出力手段の比率を高くした制御に切替え、正常位相同期状態に復帰させる累積加算結果モニタ手段とを備えるようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタ

ルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】また、本願の請求項 26 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 11, 12, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記トランスバーサルフィルタは、前記初段の遅延素子に前記振幅調整がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現するようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、パーシャルレスポンス等化を行う構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正内容】

【0041】また、本願の請求項 27 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項 11, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、初段の遅延素子に前記パーシャルレスポンス等化がなされた信号が入力され、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数個の遅延素子と、該複数個の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現するようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正内容】

【0042】また、本願の請求項28に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項27記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、ナイキスト特性に基づき補間を行うようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】また、本願の請求項29に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項27記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、前記乗算器に対応して設けられ、ナイキスト特性のチャンネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を格納するレジスタと、前記レジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記レジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセクタとを備えるようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正内容】

【0044】また、本願の請求項30に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項11、17、21のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、最小二乗平均アルゴリズムにより前記トランスバーサルフィルタの重み係数を決定するようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能

を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】また、本願の請求項31に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置は、請求項30記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、前記高次補間フィルタの出力信号に基づきパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、該相関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタップ係数を更新するタップ係数更新部とを備えるようにしたものである。これにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる、という作用を有する。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正内容】

【0061】以上、一連の動作により出力された、正規の位相でのパーシャルレスポンス等化波形を用いて、パーシャルレスポンスの型に応じて復号を行なう最尤復号器12を通してデータ復調を行なう。ここで、最尤復号器12は、例えば、ビタビ復号器であってもよい。ビタビ復号器は、パーシャルレスポンスの型に基づいて、意図的に付加された符号の相関の法則にしたがって確率計算を行ない、尤も確からしい系列を再現するものである。例えば、適用したパーシャルレスポンスの型がPR(3, 4, 4, 3)方式の場合、図8(a)に示すような、状態遷移図に基づいて状態が変化する。これは、特に、DVDで用いられている8-16変調符号を考慮したものとなっており、ランレングス長を2に制限していることも関係しており、再生された系列S0からS5までの6つの状態の状態遷移で表現可能となっている。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0066

【補正方法】変更

【補正内容】

【0066】このような、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタル位相同期ループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうことを特徴とするデジタル記録データ再生装置を用いて、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することにより、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタル記録データ再生が可能となる。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0067

【補正方法】変更

【補正内容】

【0067】即ち、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうことを特徴とするデジタル記録データ再生装置を用いることにより、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することから、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタル記録データ再生が可能となるデジタル記録データ再生装置を実現することができる。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0076

【補正方法】変更

【補正内容】

【0076】一方、ナイキスト位相補間制御による係数制御は、例えば、図5に示すように、ナイキスト特性をaからhまで8分割し、さらに1から7のエリアを、図6に示すFIRフィルタの各タップに対応させてレジスタ35に格納しておく。図11のレジスタ35に格納されている各タップ及び各位相でのナイキスト補間係数E_mからD_mと（mは、タップ番号、及びエリア番号に相当するものである）、タップ係数更新部28の出力信号であるパーシャルレスポンス等化用のタップの重み係数を、タップ係数畳み込み手段34により重畳させ、レジスタ値更新手段36によりレジスタ22aから22gの各レジスタ値を更新することにより、パーシャルレスポンス適応自動等化による係数制御と、ナイキスト位相補間制御による係数制御の双方を満足するタップの重み係数を設定することが可能となる。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0089

【補正方法】変更

【補正内容】

【0089】高次補間フィルタ7は、図6に示すような、遅延素子19aから遅延素子19fと、乗算素子20aから20gと、加算手段21により構成されるFIRフィルタであってもよい。この時、位相補間を行なうに際して、ループフィルタ10の出力信号である位相制御情報を基に、図6に示すような、レジスタ22aから22gに保持されているフィルタ係数を、セクタ23aから23gにより切替えながら、S1からS7までのタップ係数を設定していく。ここで、レジスタ22aから22gの係数は、図5の各位相毎のナイキスト特性値をN分割、例えば図5に示すように、aからhまで8分割し、さらに1から7のエリアを、図6に示すFIRフィルタの各タップに対応させて格納しておく。例えば、ループフィルタ10から得られる現時点での位相制御情報が、正規の位相と180°異なる標本化位相であった場合、図5に示すエリア1から7までの“●”、即ちeの位相でのフィルタ係数がS1からS7のタップ係数として設定されることになる。ここで、時間方向の分割数Nは大きいほど位相制御の精度は向上するが、分割数Nの増加は回路規模の増加に結びつくため、性能と回路規模が相容れる条件にて設定されるものである。高次補間フィルタ7の出力信号は、タップ重み係数制御手段8に入力され、等化誤差を最小にするようにトランスバーサルフィルタ6のタップの重み係数を適応的に制御する。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0093

【補正方法】変更

【補正内容】

【0093】また、アナログ・デジタルコンバータ3の標本化クロックを制御する手段は、高次補間フィルタ7の出力信号から、同期パターンのパターン長、あるいは、同期パターンが発生する間隔を検出し、周期情報に変換することにより周波数誤差信号を出力する手段としての周波数誤差検出器13と、周波数誤差検出器13から出力される周波数誤差信号を平滑化する手段としての周波数制御用ループフィルタ14により構成される、ラフな周波制御を司る周波数制御手段37と、周波数と再生信号に含まれるクロック成分の周波数が近傍まで引き込まれた後に、ループフィルタ10から出力される位相制御情報をモニタし、その位相制御信号が位相同期制御不能領域に達する前に、正常動作範囲に戻るようにクロック周波数のアップ・ダウン制御を行なう位相同期維持手段38と、それら、周波数のラフ制御信号とアップ・ダウン制御信号を基に、アナログ・デジタルコンバータ

3にクロックを供給するVCO40の発振周波数を制御するVCO制御手段39により構成される周波数制御ループにより実現される。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0101

【補正方法】変更

【補正内容】

【0101】ここで、カットオフ周波数は、再生クロックの周波数に連動させて変化させていくことが可能であれば、さらに性能向上につながる。その時の、VCO制御電圧とデルタ・シグマ変調器41の出力の関係は、図16(b)に示すようになっている。低域通過型フィルタのカットオフ周波数を固定すると、2倍速で正常な再生が行なえていたものが、1倍速、つまり再生チャンネルレートが2倍の長さになると、VCO制御電圧は乱れることになる。しかしながら、2倍速再生から1倍速再生に切替える時点で、カットオフ周波数を低く設定することにより、図16(b)に示すように、滑らかな制御が維持できる。これは、ディスク再生時にスピンドルモータの回転数を一定に保つ方式であるCAV再生方式において存在する、再生速度の内外周差にも同様の効果が得られる。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0102

【補正方法】変更

【補正内容】

【0102】これにより、デジタル記録データを再生する際に、複数の再生速度を補償しなければならない場合や、ディスク媒体における内外周差、即ち内、外周における周波数の偏差、及び記録媒体の種類が異なるため広範囲の周波数制御帯域を有する場合において、それぞれの再生速度に適した応答特性を実現できるため、多種多様の再生倍速モードに対しても対応することが容易になり、再生速度が大きく変化する条件下においても再生特性を維持することが可能なデジタル記録データ再生装置を得ることができる。さらに、デジタルデータ再生装置に占めるアナログ素子を削減でき、回路構成を単純化した場合にも安定したデータ再生が可能となるため、さらなる、コスト低減につながる効果がある。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0108

【補正方法】変更

【補正内容】

【0108】高次補間フィルタ7は、図6に示すような、遅延素子19aから遅延素子19fと、乗算素子20aから20gと、加算手段21により構成されるFIRフィルタであってもよい。この時、位相補間を行なう

に際して、ループフィルタ10の出力信号である位相制御情報を基に、図6に示すような、レジスタ22aから22gに保持されているフィルタ係数を、セクタ23aから23gにより切替えながら、S1からS7までのタップ係数を設定していく。ここで、レジスタ22aから22gの係数は、図5の各位相毎のナイキスト特性値をN分割、例えば図5に示すように、aからhまで8分割し、さらに1から7のエリアを、図6に示すFIRフィルタの各タップに対応させて格納しておく。例えば、ループフィルタ10から得られる現時点での位相制御情報が、正規の位相と180°異なる標本化位相であった場合、図5に示すエリア1から7までの“●”、即ちeの位相でのフィルタ係数がS1からS7のタップ係数として設定されることになる。ここで、時間方向の分割数Nは大きいほど位相制御の精度は向上するが、分割数Nの増加は回路規模の増加に結びつくため、性能と回路規模が相容れる条件にて設定されるものである。高次補間フィルタ7の出力信号は、タップ重み係数制御手段8に入力され、等化誤差を最小にするようにトランスバーサルフィルタ6のタップの重み係数を適応的に制御する。

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0123

【補正方法】変更

【補正内容】

【0123】高次補間フィルタ7の出力信号から、信号がゼロレベルをクロスする位置を検出し、ゼロクロスフラグを出力する機能により構成されるゼロクロス位置検出手段45と、図19において“●”で示すような、ゼロクロス位置の標本化信号については、図19に示す、真のDCレベルと、偽のDCレベルの振幅差(図中ではE)を出力する機能により構成されるゼロクロス振幅出力手段46と、ゼロクロス位置でない標本化信号については、その信号の極性に応じて、ある任意の値X、あるいは-Xを出力する機能により構成される極性値出力手段47を有し、極性値出力手段47の出力信号に対して、ゲイン調整手段50により、任意のゲインが設定できるものである。また、疑似位相同期状態で制御が安定した場合に、正常な位相同期状態に復旧させる手段として、カウンタ52により設定される任意の一定時間において、極性値出力手段47の出力信号を累積加算手段53により加算し、疑似位相同期判定手段54により、その出力信号レベルをモニタし、疑似位相同期状態であるか否かを判定する。疑似位相状態であると判断された場合には、ゲイン調整手段50を用いて、符号の極性成分によるオフセット補正を強化することにより、正常位相同期状態に復旧させる構成になっている。以上のようにして得られた、ゼロクロス振幅出力手段46とゲイン調整手段50の出力信号を、ゼロクロスフラグにより切替えて出力する手段であるセクタ48により、オフセット

誤差信号として統合した後、平滑化するためのオフセット補正用ループフィルタ49に入力される。最後に、減算手段18により、アナログ・デジタルコンバータ3の出力信号からオフセット補正用ループフィルタ49の出力信号を直接減算し、オフセット補正を行なうものである。

【手続補正24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0126

【補正方法】変更

【補正内容】

【0126】また、本願の請求項2に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体の再生信号を、該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期にデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分および振幅を補正するデジタルデータ補正手段と、該補正がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なう等化フィルタと、前記等化フィルタの出力信号に基づき位相誤差を検出する位相同期ループと、該等化フィルタの出力信号に基づき前記等化フィルタのフィルタ係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するとともに前記位相同期ループの出力に基づき位相誤差をなくするようにフィルタ係数を制御するフィルタ係数制御手段と、前記等化フィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備えるようにしたので、正規のサンプリング位相での補間データに基づいて最尤復号を行うことが可能となり、再生信号のチルトによる波形劣化等に影響されない、パーシャルレスポンス最尤復号に適したデジタルデータ復調が可能になる。また、回路規模やコストの削減、低消費電力化や再生データのエラーレートの低下にも有効である、という効果がある。

【手続補正25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0135

【補正方法】変更

【補正内容】

【0135】また、本願の請求項11に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、記録媒体からの再生信号の出力振幅を強調するプリアンプと、該強調された信号の所定の周波数帯域を強調する波形等化手段と、発振器で生成されるクロックにより、該等化された信号を該信号に含まれるクロック成分の位相とは非同期に多ビットのデジタルデータに標本化するアナログ・デジタル変換手段と、該標本化された信号からオフセット成分を低減するオフセット補正手段と、該出力信号の振幅を所要のレベルに調整するオートゲインコントロール手段と、該振幅調整がなされた信号にパーシャルレスポンス等化を行なうトランスバーサルフィルタと、該パー

シャルレスポンス等化された信号から正規の標本化位相における信号を高次補間により再生する高次補間フィルタと、該補間出力信号から前記トランスバーサルフィルタのタップの重み係数を等化誤差が最小になるように適応的に制御するタップ重み係数制御手段と、前記補間出力信号から位相誤差を検出するための位相比較器と、該位相誤差信号を平滑化するためのループフィルタと、前記補間出力信号を前記トランスバーサルフィルタで等化したパーシャルレスポンスの型に応じて最尤復号を行なうことによりデータ復調を行なう最尤復号器とを備え、非同期に標本化した信号をパーシャルレスポンス等化し、位相補間型のデジタルフェーズロックドループにより位相同期を補償し、データ復調を行なうようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、パーシャルレスポンス等化後に位相誤差情報を検出することにより、位相同期ループにおけるジッタの低減と最適なパーシャルレスポンス等化信号が再現できるため、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるという効果がある。

【手続補正26】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0144

【補正方法】変更

【補正内容】

【0144】また、本願の請求項20に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項11、12または17のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、前記標本化された信号が有するオフセット成分を検出するオフセット検出手段と、該検出されたオフセット成分を平滑化する平滑化手段と、該平滑化された信号を前記標本化された信号より減算する減算手段とを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる効果がある。

【手続補正27】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0149

【補正方法】変更

【補正内容】

【0149】また、本願の請求項25に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項22記載のデジタル記録データ再生装置において、前記オフセット補正手段は、一定の時間をカウントするカウンタと、前記カウンタから出力されるフラグ間の前記極性値出力手段の出力値と前記ゼロクロス振幅出力手段の出力値を累積加算する累積加算手段と、該出力信号を前記カ

ウンタから出力されるフラグのタイミングで、累積加算手段の出力をモニタし、疑似位相同期状態であると判断された場合は、前記極性値出力手段の比率を高くした制御に切替え、正常位相同期状態に復帰させる累積加算結果モニタ手段とを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、オフセット補正を行う構成を実現できる効果がある。

【手続補正 28】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0150

【補正方法】変更

【補正内容】

【0150】また、本願の請求項 26 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項 11, 12, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記トランスバーサルフィルタは、前記初段の遅延素子に前記振幅調整がなされた信号が入力される、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数の遅延素子と、該複数の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を実現するようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、パーシャルレスポンス等化を行う構成を実現できる効果がある。

【手続補正 29】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0151

【補正方法】変更

【補正内容】

【0151】また、本願の請求項 27 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項 11, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、初段の遅延素子に前記パーシャルレスポンス等化がなされた信号が入力され、相互に直列接続された、単位遅延時間の遅延量を有する複数の遅延素子と、該複数の単位遅延素子の中の初段の遅延素子の入力、遅延素子同士の接続点および最終段の遅延素子の出力に対応して設けられた乗算器と、該乗算器の出力の総和をとり本フィルタの出力を生成する加算器とを備え、前記乗算器の他方の入力に入力する重み係数を可変させることで所要の等化特性を

現するようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる効果がある。

【手続補正 30】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0152

【補正方法】変更

【補正内容】

【0152】また、本願の請求項 28 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項 27 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、ナイキスト特性に基づき補間を行うようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる効果がある。

【手続補正 31】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0153

【補正方法】変更

【補正内容】

【0153】また、本願の請求項 29 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項 27 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記高次補間フィルタは、前記乗算器に対応して設けられ、ナイキスト特性のチャネルレートを時間方向に分割したときの各々の振幅値を格納するレジスタと、前記レジスタに対応して設けられ前記ループフィルタの出力位相情報に応じて前記レジスタに格納された振幅値を選択し対応する前記乗算器に出力するセレクタとを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの低下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、正規の標本化位相における信号を補間する構成を実現できる効果がある。

【手続補正 32】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0154

【補正方法】変更

【補正内容】

【0154】また、本願の請求項 30 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項 11, 17, 21 のいずれかに記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、最小二

乗平均アルゴリズムにより前記トランスバーサルフィルタの重み係数を決定するようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの下下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる効果がある。

【手続補正 33】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0155

【補正方法】変更

【補正内容】

【0155】また、本願の請求項 31 に記載の発明に係るデジタル記録データ再生装置によれば、請求項 30 記載のデジタル記録データ再生装置において、前記タップ重み係数制御手段は、前記高次補間フィルタの出力信号

に基づきパーシャルレスポンス方式に対応した等化目標値を検出する仮判定回路と、該等化目標値と前記高次補間フィルタの出力信号とに基づき等化誤差を検出する等化誤差検出器と、前記等化誤差と前記高次補間フィルタの出力信号との相関を検出する相関器と、該相関器の出力をゲインと同数倍してフィードバックゲインを調整するフィードバックゲイン調整器と、該フィードバックゲイン調整器の出力を各タップの重み係数に加算しタップ係数を更新するタップ係数更新部とを備えるようにしたので、チルトによる再生信号の特性劣化やアナログ等化が不十分な条件においても、エラーレートの下下につながるだけでなく、位相同期引き込み能力も高く、安定したデジタルデータ再生を行なえるものにおいて、トランスバーサルフィルタが行うべきパーシャルレスポンス等化機能を実現するよう重み係数を設定する構成を実現できる効果がある。

フロントページの続き

(72) 発明者 佐藤 慎一郎
香川県高松市古新町 8 番地の 1 松下寿電
子工業株式会社内

(72) 発明者 小田 祥正
香川県高松市古新町 8 番地の 1 松下寿電
子工業株式会社内
F ターム(参考) 5D044 BC02 CC04 FG02 FG05 GL02
GL31 GL32 GM12